知的活動における手書き入力の有効性に関する定量的研究

MUHAMMED DZULKHIFLEE BIN HAMZAH

電気通信大学大学院　情報システム学研究科
博士（工学）の学位申請論文

2009 年 3 月

知的活動における手書き入力の有効性に関する定量的研究

博 士 論 文 審 査 委 員 会

主査　田野　俊一　　教授

委員　出澤　正徳　　教授

委員　多田　好克　　教授

委員　田中　健次　　教授

委員　植野　真臣　准教授

Quantitative Study on the Effectiveness of Pen Input During Intellectual Work

MUHAMMED DZULKHIFLEE
BIN HAMZAH

Abstract

We believe pen-based computing has beneficial effects on work efficiency and creative thinking. The aim of this research is to understand the way a pen-based interface can affect comprehension, memory, and concentration, during intellectual work. By performing three experiments, we evaluated it quantitatively.

In our first experiment, we performed a quantitative analysis of the effectiveness of making annotations by pen during an electronic note-taking task in Japanese, focusing on both the ergonomic and cognitive aspects. We found that the input speed during note-taking was faster for pen input than for keyboard input. The results also showed that the quality of handwritten notes was higher than that of notes input by keyboard; this might have been due to the higher cognitive load during typing. We also found that handwritten notes remained in our memory longer and that the learning effect during pen input is higher due to its features: natural and easy input. Observations during the experiment revealed several problems faced by subjects in the keyboard input task.

Since an evaluation of the significance of these observations required quantitative evidence, in our second experiment, we repeated the experiment with video analysis of the keyboard subtask. By analyzing the participants' eye movements and their behavior throughout the keyboard subtask we obtained quantitative evidence to support our findings.

Finally, in our third experiment, we performed a quantitative analysis that investigated how a pen-based interface can promote concentration during intellectual work. By interrupting participant's concentration during a simple calculation task with animation superimposed around it, we analyzed participant's answer speed, incorrect answers and their gaze movements during the task, and found that they could perform better when answering with pen.

The third experiment also demonstrated how animation could give a negative effect to his/her task, and the results showed that misses occured more frequently and participants inputted less correct answer when animations displayed around the task area compared to task that was done without any of it.

知的活動における手書き入力の有効性
に関する定量的研究

MUHAMMED DZULKHIFLEE
BIN HAMZAH

概　要

知的活動においては, コンピュータの利用は人間の知的な創造活動の支援とはなりえず, 逆に人間の持つ創造力を阻害しているという報告が多い．その主な原因は，知的活動の初期段階が適切に支援されていないからだと考えられる．知的活動の初期段階では，関係情報を収集し，整理してまとめ，更に自身のアイディアを書き下しながら練り上げる作業が重要であり, 知的・創造的活動の質を大きく左右する．しかし, 現在の情報システムでは, このような作業が適切に支援していないどころか，阻害してしまう場合もあると言われている．

一方，手書き入力は自然で簡単に入力できるため，主に内省的認知モードが必要とする知的活動においては，有効であると考えられる．例えば，読書タスクでは，キーボードやマウスのような機械的入力デバイスより手書き入力（手書きアノテーション）の方がユーザの理解度をあげることができると報告されている．我々は，手書き入力は情報の理解だけでなく，思い付いたアイディアや，音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際にも有効と考える．更に，指示棒のように，ペン入力はユーザの集中を一点に集める力があると考え，知的活動を行う際にタスクへの集中力を維持・向上させるために有効とも考えている．そこで，本研究では知的活動における手書き入力の有効性を検証するために，知的活動の中で最も重要な初期段階に着目し，以下の 3 つの実験を行った．

<u>実験１：日本語のメモ書き作業における手書き入力の有効性</u>

本実験の目的は，思い浮かんだアイディアや音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際に，手書き入力が有効かどうかを定量的に分析し，明らかにすることである．

これまでの研究では，一般的に文字入力に焦点を当て，入力速度やエラー率のような人間工学の観点だけを考慮した研究が多かった．本研究はこれらと異なり，人間工学・認知科学の両方の観点を考慮し，日本語メモ書き作業における手書きとキーボードの比較実験を行い，手書き入力の有効性を定量的に評価した．被験者は，22～30 歳の情報系大学院生

10〜15名である．実験結果から，まず入力速度に関しては，キーボードよりも手書きの方が速く入力できることが分かった．また，予め記憶させた内容を思い出しながら入力するタスクでは，キーボードよりも手書きの方が記憶した内容を多く入力できることが分かった．更に，ビデオ及び音声を視聴しながら，手書き及びキーボードでメモを取るタスクでは，キーボードで入力されたメモの方が内容が不十分であり，被験者のビデオ及び音声の内容に対する理解度も低いことが分かった．

実験2：視線を用いたキーボード入力の問題の要因分析

この実験に加え，キーボード入力の評価が手書きよりも低くなった原因について探るために，初級，中級，及び上級の新たな3人の被験者で同じ実験を繰り返し，ビデオ解析で分析を行った．分析した結果，キーボード入力能力レベルの低いユーザは，入力するために頻繁にキーボードを見なければならないため，キーボードと画面の間の視線運動が非常に激しく，画面に集中することができないことが分かった．また，ビデオの内容をキーボードでメモを取る際に，映像情報を見落とす可能性が非常に高いことと，ユーザのキーボード入力能力に関わらず，数値を入力するのは難しいことも分かった．

実験3：動的メディアにおける集中力への影響及びペン入力の有効性

本実験では，動的メディアにおけるタスクへの集中力の影響を抑制するために，手書き入力がどれぐらい有効であるかを明らかにすることを目的として，まず，動的メディア自体の影響について分析し，定量的に明らかにした．

まず，被験者に簡単な計算作業を手書きで行い，作業中に意味的情報のない動的メディアが表示された場合，どれぐらいタスクに影響するかを分析した．その結果，回答速度及びエラー率に関しては，動的メディアが表示されたタスクの方が評価が低かった．また，動的メディアが表示されたタスクの方が疲労度が大きいという結果も得られた．これは，動的メディアが表示されると，被験者の注意が散漫になり，集中力も減少するため，作業効率が低くなったことが要因と考えられる．一方，動的メディアが表示されるときに，作業効率を維持するために，注意と集中力を高める必要がある．そのため，認知的負荷が大きくなり，結果としては疲労度が大きくなったと考えられる．タスク中の視線分析からも同様の結果が得られ，動的メディアが表示されたタスクの方が被験者の視線の乱れが多いことが分かった．

そして，手書き入力がこの動的メディアの影響をどれぐらい抑制することができ，かつタスクへの集中力を維持できるかを分析するために，同じ被験者で上記と同様の実験を繰り返した．ただし，今回では入力デバイスとしてペン入力の代わりにオーラル入力を採用した．分析した結果，全体的に，動的メディアにおけるタスクの集中力への影響を抑制するために，ペン入力が有効であることが分かった．特に，エラーを減らすことと，視線の

乱れによって生じる集中力・注意の低下を抑制するために，手書き入力が非常に有効であることが確認できた．

以上をまとめると，本研究は 3 つのコア実験から構成され，それぞれの実験を分析した結果，まず，知的活動の初期段階において，メモを取る作業，及びタスクへの集中力を維持・高めるには，手書き入力が有効であることを明らかにした．次に，日本語でメモを取る際に，キーボードが知的活動を阻害する要因についても，本研究では定量的に分析し，明らかにした．最後に，動的メディアにおけるタスクの集中力への影響についても定量的に分析し，明らかにした．

目次

第1章　序論

1.1　研究背景及び問題意識

マルチメディアやネットワークなどの情報処理分野において，ソフトウェア／ハードウェア技術が驚異的に進歩している．これらのソフトウェア技術とハードウェア技術を融合し，高度な情報環境の実現へ向けて，種々のシステムが提案・開発されている．しかし残念ながら，現在の最先端技術を単に組み合わせただけでは，人間の知的な創造活動の支援とはなりえず, 逆に人間の持つ創造力や感性を阻害しているという知見が得られている[田野 1999 ; 田野 2001]．また，近年のコンピュータ利用環境の多くは，人間中心・実世界中心の設計に基づいて作成されず，そのほとんどはコンピュータ中心の設計によって作成されたという問題もある．

例えば，物書きの作業はその例の一つである．近年の情報技術の発展により，最近では多くの人がワードプロセッサを用いて文書を作成している．デジタルドキュメントは紙と違って，情報の再利用，移動や訂正のような編集の容易さ，スペルチェック機能など，多くの便利な機能が利用できるので，文書作成の作業にメリットが多いと示唆される[Ohara 1997]．そのため，一旦ワードプロセッサに慣れてしまうと，ワードプロセッサなしでは文書を作成することが困難になってしまうほどである．このように，ワードプロセッサを用いた物書き作業には多くのメリットがあるが，その一方で人間の知的な創造活動の支援とはなりえず，逆に人間の持つ創造力を阻害していることも多く報告されている［石川 2000 ; 井上 2000]．

その主な原因は，知的活動の初期段階が適切に支援されていないからだと考えられる．知的活動の初期段階では，関係情報を収集し，整理してまとめ，更に自身のアイディアを書き下しながら練り上げる作業が重要であり，知的・創造的活動の質を大きく左右する．しかし，現在の情報システムでは，このような作業が適切に支援していないどころか，阻害してしまう時もあると言われている．この原因を分析した結果，現在の情報システムの問題は以下のようである．

- 人間の短期記憶は非常に小さく，7±2 チャンク*1 だと言われ，実験により，この問題は次第に明らかになってきた．例えば，ページビュー*2 とスクロールビュー*3 を定量的比較した結果，人間は空間的情報の支援がないと，記憶・理解度が減少するということが分かった[Piolat 1997].

---
*1　データを構成する単位のこと
*2　長い文章を 1 ページずつ読む方法
*3　長い文章をスクロールして読む方法

- 人間の知覚システムは体験的モードに向いており，逆に，内省的モードに行うのは非常に難しい（認知的負荷が大きく，集中力が必要）と言われている．しかし，知的・創造的な活動には，両方の認知モードが必要であるが，残念ながら従来の情報システムは，この違いを認識せずに設計されたものが多いため，体験的モードにはまり込んでおり，結果としては質の高いものを作成することができなくなる．
- クリフォード・ストール著[Stoll 1996]の書籍，「インターネットはからっぽの洞窟」を分析した結果，入力メディアによって人間の思考様式が影響を受けており，さらに，ワープロは知的活動を阻害している可能性があるという結果が得られている．また，キーボードによる日本語入力では，仮名漢字変換操作や同音異義語選択操作など多くの問題を抱えており，知的活動を阻害していると多く報告されている[石川 2000；井上 2000]．

上記にも述べたように，知的活動の初期段階においては，関係情報を収集することは非常に重要な作業であり，知的・創造的活動の質を決める作業でもある．収集する情報は自分の頭の中で考えて思い浮かんだアイディアに限らず，様々な情報資源から収集することも重要である．このような情報を収集するためには，その情報を読んだり，聞いたり，見たりしながら，その情報の内容を理解し，関係情報のみを抽出して記録しなければならない．このような内省的認知タスクは，認知的負荷が非常に大きく，高い集中力が必要である．この一連の作業を分析すると，以下の作業が非常に重要であることが分かり，適切に支援しなければならない．

A. 情報を理解する

デジタルドキュメントのような情報を理解する上では，読みやすさが非常に重要なファクターある．そのため，最近では高解像度スクリーンや電子ペーパー，読みやすいフォントなどの研究・開発が盛んである．しかし，このような研究・開発が進んでいるにもかかわらず，紙媒体の使用枚数は年々増加していく一方であり，読む作業においては我々ユーザは未だに紙を好んでいる．その主な原因は，紙媒体ではアノテーション*4 が自然に行えるからだと報告されている[Ohara 1997]．なぜならば，我々は本などを読む際に，不明瞭な部分を補うためや，情報の理解度を深めるために，アノテーションを付けるからである．この作業は，デジタルドキュメントよりも紙媒体の方が自然に行えるため，最近では，紙媒体ドキュメントの良さに近づけるために，手書きアノテーションシステムに関する研究や，手書きアノテーションの有効性に関する評価実験などが数多く行われている[Schilit 1998；Marshall 1997；Golovchinsky 2002]．

また，デジタル情報にはデジタルドキュメントのような静的な情報だけではなく，動画や音声のような動的な情報もある．音声や動画のような情報をテキストや画像に同期させ

*4 あるデータに対して関連する情報を注釈として付与すること

ることで，人間の視覚・聴覚を刺激し，学習時の認知的負荷を減少することを目的とした研究は，教育の分野では多くなされている[Paivio 1986 ; Mayer 1992 ; Mayer 2001]．デジタルドキュメントと同様，このようなマルチメディアコンテンツを深く理解するためには，アノテーション行為は不可欠である．動的情報はデジタルドキュメントと異なり，重要な内容を単に線で引いたり，丸く囲んだりするだけでは不十分であり，その内容をメモとして入力しなければならない．しかし，このような動的情報へのアノテーションは今まで主にキーボードとマウスを用いて行われた．キーボードとマウスを用いる際にキーボードによる日本語入力の問題が生じ，瞬時にメモを取るのは困難だと考えられる．そのため，最近ではデジタルドキュメントと同様，動画や音声のような動的情報に対しても手書きでアノテーションを入力するシステムに関する研究が多く行われている[Tano 2003 ; Ramos 2004]．しかし，デジタルドキュメントにする手書きアノテーションの有効性について多く評価されている[Schilit 1998 ; Marshall 1997 ; Golovchinsky 2002]が，動的メディアに対する手書きアノテーションの有効性はほとんど検証されていない．

B. 情報を記録する

知的活動の初期段階では，思い浮かんだアイディアや関係情報を記録する作業は非常に重要である．上記に述べた読書作業（情報を理解する作業）と同様，この作業においても直接キーボードとマウスで画面に入力するより，手書きを好む人が多い．最大の理由は日本語特有の文字入力にあると考えられる．本章の冒頭に述べたように，確かにワードプロセッサの利用は，情報の再利用や簡単に修正できることなど多くのメリットがあるが，人間の知的な創造活動の支援とはなりえず，逆に人間の持つ創造力を阻害しているという報告も多い[田野 1999 ; 田野 2001]．特に，日本語入力の場合は，以下のように，日本語特有の仮名漢字変換作業に起因する問題点が多く指摘されるようになってきている[石川 2000 ; 井上 2000]．

- 日本語文字入力は，ローマ字→カナ→漢字の 2 段階の変換作業が必要で，頭の中でその処理を行う．そのため，一時的に保管される一時記憶に負担がかかり，創作活動に大きな影響を与える．
- 日本語は表意文字であるため，意図した漢字に変換されないケースが発生し，同音異義語選択操作が煩雑になり，その結果思考が邪魔され，集中力がそがれるようになる．

以上の理由で，キーボード入力は我々の知的な創造活動を阻害するだけでなく，入力速度低下からも大きな影響があると考えられる．そのため，素早い入力，及び高い集中力が要求される知的活動の初期段階の作業においては，キーボードよりも手書き入力の方が有効でないかと考え，紙媒体を用いる人が多いといえる．

しかし，この情報記録タスク（本研究ではメモ書きタスクと考える.）に対して，手書きが有効であるかを定量的に分析し，明らかにした研究がない．また，情報技術の発展とともに，キーボード入力に慣れたユーザも増えており，このタスクに対してどれぐらいキーボード入力の影響があるかを分析し，定量的に明らかにする必要もあると考えられる．

C. 作業中の集中力を維持する

知的活動の初期段階においては，自分で考えることでアイディアを思い付いたり，様々な情報資源から情報を収集するために，その情報を読んだり，聞いたり，見たりしながら，内容を理解し，必要な情報を記録しなければならない．このように，知的活動の初期段階においては，主に人間の内省的認知モードが使われているため，認知的負荷は非常に大きく，高い集中力が必要である．しかし，人間の知覚システムは体験的モードに向いているおり，内省的モードのタスクを行うのは，認知的負荷が大きく高い集中力を必要とするため，非常に難しいと言われている．アニメーション化されたウェブバナー*5 のように，ちょっとした邪魔が生じるだけで，集中力が途切れて活動が阻害されてしまう可能性がある．

現在の情報システムの入力デバイスは，常にユーザのタスクを邪魔していると言っても過言ではない．キーボードの入力は，日本語入力の特有の仮名漢字変換操作があり，マウスの入力の際にも（デバイス自体が直接型入力デバイスであるため），マウスの位置確認を頻繁に必要とし，作業を邪魔しているといえる．

また，最近では情報技術の発展により，動画やアニメーションのような動的メディアを作成するためのツールが多く開発されている．一般ユーザでも容易に動的メディアを作成することができ，様々な分野に使用されている．このような動的メディアは，静的情報よりも目立ち[Marx 1996 ; Bartram 2003]，情報を伝えるために効率的だ[Paivio 1986 ; Mayer 1992 ; Mayer 2001]と言われているため，デジタル教材やウェブバナーなど幅広く使用されている．

しかし，このような動的メディアは，その利用指針が未だに定まっていないため，むやみに利用すると，場合によってユーザの内省的認知タスクへの集中力や注意などが阻害されてしまう可能性がある．例えば，最近では，ウェブバナーがユーザの検索・閲覧活動を邪魔している知見が得られている[小俣 2006]．残念ながら，このような動的メディアがどれぐらいユーザの集中力・注意を阻害しているかを定量的に分析し，明らかにした研究がない．

また，ウェブバナーのような動的メディアの使用は，一つのビジネスモデルになっており，例えば動的メディアがユーザのメインタスクへの集中力・注意を阻害するという結果が得られても，アニメーション化されたウェブバナーがなくなることはないだろう．その

*5　ウェブページ上で他のサイトの紹介・宣伝になるように作られた画像ファイルのこと

ため, ユーザ自身が求める情報の所に十分に集中できるような支援をしなければならない. デジタル教材のようなデジタルコンテンツも同様で，情報を理解する上では，静的情報よりも，動的メディアの方が効果的であるため，これからも多く使用されるだろう.

ペン入力は知的活動の初期段階作業において，上記に述べたような情報理解とメモ入力だけでなく，内省的認知タスクの必要な集中力の向上も可能だと我々は考える．なぜならば，黒板に指示棒を指し，聞き手の集中力を高めるのと同様[清水 1981 ; 持田 1996]，読書のような内省的認知タスクにおいては，ペンでアノテーションをすることや，ペンで指しながら読むことなどによって一点に読者の集中が集まり，読解作業の効率を上げるためには，有効だと考えられる．本研究では，この効果をペン先効果と名付ける．しかし残念ながら，手書きアノテーションの効果や，文書作成時・メモ入力時における手書き入力の効果に関する研究が様々の方面から研究されているが，集中力におけるペン先効果について定量的に分析し，明らかにした研究はない.

1.2 本研究の目的

上記に述べたように，現在の情報システムは知的活動の初期段階を適切に支援していないことが分かった．読書タスクでは，キーボードやマウスのような機械的入力デバイスより手書き入力（手書きアノテーション）の方がユーザの理解度をあげることができると報告されている．我々は，手書き入力は情報の理解だけでなく，思い付いたアイディアや，音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際にも有効と考える．更に，指示棒のように，ペン入力はユーザの集中を一点に集める力があると考え，知的活動を行う際にタスクへの集中力を維持・向上させるために有効とも考えている．

そこで，本研究では知的活動における手書き入力の有効性を検証するために，知的活動の中で最も重要な初期段階に着目し，以下のように研究の目的を設定した．

1. まず，思い浮かんだアイディアや音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際に，手書き入力が有効かどうかを定量的に分析し，明らかにすることを第1の目的にする．（これについて第3章で述べる）

2. 次に，キーボードでメモとして入力する際に，日本語入力では，仮名漢字変換操作や同音異義語選択操作など多くの問題を抱えており，知的活動を阻害していると多く報告されている[石川 2000；井上 2000]が，定量的に明らかになっていない．そこで，本研究ではその要因について定量的に分析し，明らかにすることを第2の目的にする．（これについて第4章で述べる）

3. そして，指示棒のように，読書中にペンでアノテーションをすることや，ペンで指しながら読むことは，読者の集中を一点に集め，タスクへの集中力の維持・向上させ，有効と考えられる．そのため，本研究ではペン入力がどれぐらいユーザの集中力を維持・向上することができるかを分析し，定量的に明らかにすることを第3の目標にした．（これについては第5章で述べる）

また，動的メディアの過度な使用は，ユーザの集中力を阻害する可能性があると報告された[Bartram 2003]が，定量的に明らかになっていない．しかし，知的活動においてこの動的メディアの影響は，非常に大きいため，この問題点を定量的に明らかにする必要があると考えられる．そこで，本研究では動的メディアにおけるタスクへの集中力の影響を定量的に分析し，明らかにすることを第4の目的にする．（これについては第5章の実験Iで述べる）

最後に，以上のことを踏まえて，知的活動の初期段階作業を行う際に，どのようなことに注意すべきかをガイドラインとしてまとめることを本研究の第5の目的にする．

1.3 論文構成

本論文は，本章を含め 6 つの章で構成される

第 2 章では，関連研究及び本研究の位置付けと題し，ペンユーザインタフェースに関する研究，キーボードの問題点，及び動的メディアに関する研究について紹介している．本研究に関連する分野において，手書きアノテーションシステム，手書き入力の比較実験，動的メディアの効果・影響など，比較実験から研究段階・製品化のアノテーションシステムに至るまで，幅広く紹介している．

第 3 章では，日本語のメモ書きにおける手書き入力の有効性と題し，知的活動の初期段階において最も重要とされている作業（関連情報，自身のアイディアを書き下しながら練り上げる作業）において，手書きとキーボードの比較実験を行い，手書き入力の有効性を定量的に明らかにすることを試みている．本章では，まず，関連研究として今まで指摘してきた手書き入力の問題点，及び現在の手書き入力に関する定量的評価実験について紹介し，関連研究の分析から分かったことを踏まえ，この比較実験の位置付けと目的，及びアプローチを説明している．その後，実験の設計やタスク内容など，実験の詳細な内容について説明している．最後に，実験結果の分析より，メモを取る速度，メモを取る際に必要な認知的負荷，取ったメモの十分さ，正確さ，及びそのメモに対する理解度において，全体的に手書き入力の方がキーボードよりも評価が高いことを示し，日本語メモ書き作業における手書き入力の有効性を確認している．更に，実験中の観察より，日本語メモ書きにおけるキーボード入力の問題の要因を分析し，主観的に評価し，明らかにしている．

第 4 章では，視線を用いたキーボード入力の問題の要因分析と題し，前章で主観的に明らかにしたキーボード入力の問題の要因を，視線分析の分析手法を用いて定量的に明らかにすることを試みている．本章では，まず，視線を用いた関連研究について述べ，視線が人間の行動を分析する上では，有効なパラメータであることを示している．その後，前章の分析から得られたキーボード入力の問題の要因を考慮しながら，本実験の目的・アプローチを設定し，その後，実験の設計やタスク内容などの具体的な内容を説明している．最後に，視線分析の方法，分析結果について述べ，日本語メモ書き作業におけるキーボード入力の問題の要因，及び知的なタスクへの影響について定量的に分析し，明らかにしている．これによって知的活動の初期段階作業においてキーボードよりも手書き入力の方が有効であることを確認している．

第 5 章では，動的メディアにおける集中力への影響及びペン入力の有効性と題し，過度な動的メディアの利用による知的活動への影響，及びこの影響の抑制におけるペン先効果の有効性について定量的に明らかにすることを試みている．本章では，まず，関連研究としてウェブバナーを用いた動的メディアの効果・影響，及びペン先効果に関する評価実験

について紹介し，それぞれの問題点について分析し，定量的な評価がないことを指摘して議論している．次に，関連研究の問題分析の結果を考慮しながら，本実験の目的・アプローチを設定し，実験の具体的な内容について説明している．その後，実験結果の分析パラメータである，効率の観点（入力速度とエラー），及び視線分析について述べている．最後に，動的メディアの影響について分析し，動的メディアがユーザの視線を引きつける力があると定量的に明らかになり，過度な利用，及び不適切な設計によって知的活動が阻害され，タスクへの集中が途切れてしまう可能性があると示している．更に，この動的メディアの影響を抑制するために，ペン先効果の有効性が確認されており，知的活動への集中力を維持・高めるために，ペン入力が有効であることも明らかにしている．

第 6 章は，本研究が構成されている 3 つのコア実験の結論とまとめであり，更に，知的活動の初期段階における作業・支援システムの設計を行う際に必要なガイドラインについて述べ，本研究の成果をまとめた．最後に，残された課題，展望について議論している．

第2章　関連研究及び本研究の位置づけ

2.1　序論

近年の情報技術の発展により，コンピュータが様々な分野で使われている．情報の再利用や編集作業の容易さ，スペルチェックや色切り替えなどのような便利な機能が利用できるため，文書作成やデザイン作業のような知的活動においてもコンピュータが幅広く使われるようになった．しかし，知的活動においては，コンピュータの利用は人間の知的な創造活動の支援とはなりえず，逆に人間の持つ創造力を阻害しているという報告が多い．予想できる要因は様々だが，本研究では 1）日本語入力における問題点と，2）動的メディアによる知的活動への影響に着目し，この 2 つの問題を抑制するために，ペン入力インタフェースがどれぐらい有効であるかを定量的に分析し,明らかにすることを目標にしている．

本章では，まずペンユーザインタフェースに関する研究を 4 つのカテゴリに分けて紹介する．その後，動的メディアに関する研究を述べる．最後に，本章で述べた関連研究を踏まえ，本研究の位置付けを述べる．

2.2　ペン入力デバイス関する研究

ここでは，研究背景としてペンユーザインタフェースについての研究を以下の 4 つに分けてそれぞれの問題点について述べる．

1. ペン入力の分類と思考様式
2. 手書き入力に関する定量的実験
3. キーボードによる日本語文字入力の問題点
4. ペン UI を用いたシステムの分類

2.2.1 ペン入力デバイスと思考様式

近年，情報形態がデジタル化の方向へ進んでいる．紙の良さに近づけるように，ペン入力を用いたデバイスが多く研究，開発されている．ペン入力デバイスを用いたデバイスに関しては一般的に，以下の 2 種類に分類することができる．

- 直接型ペン入力デバイス　：　TabletPC（図 2.1）のように，入力操作面と表示面が一致するタイプのものを指す.
- 間接型ペン入力デバイス：　ペンタブレット（図 2.2）のように，入力操作面と表示面が異なり，マウスに近い使い方のものを指す.

図 2.1　直接型ペン入力デバイス　　図 2.2　間接型ペン入力デバイス

インターネットはからっぽの洞窟という書籍[Stoll 1996]の分析から，キーボードで入力された文書に関しては，文字数が多いが，論理的ではないことから，ワードプロセッサは知的活動を阻害している可能性があるという知見が得られた．それにたいして，機械式タイプライタは，簡潔な文体で論理的な展開，紙は感性的・感情的な表現が多い，などの結果が得られたことから，入力メディアによって人間の思考様式が影響を受けていることが分かった.

上記の 2 種類のペン入力デバイスにおいても，同様のことが言える．最近ではデザインの作業において，直接型及び間接型ペン入力デバイスはそれぞれ違う評価が得られるということが分かった[佐々木 2004]．直接型の場合は，書きやすさの評価が高く，描くことに集中できるが，逆に描くことに没入しすぎてしまい，アイディアを発散することが困難になるということが分かった．一方間接型の場合は，デバイスに慣れるまではきれいに書けないが，画面全体を見ることができるため，アイディアを出すという行為に集中できる．また，少し離れたところから自分の絵を見て確認できるという利点があるので，多くのデザイナは直接型よりも間接型の方を好むということも最近では分かってきた.

2.2.2 手書き入力に関する定量的実験

従来の定量的実験は，以下の 2 つに分けることができる．ここでは，それぞれの実験について分析し，明らかになったことについて述べる.

1）文字入力の比較実験

田村[田村 2003]は文書作成時の文字入力方法の違いにおける入力スピードの比較を行った．この研究は，大学生を対象にし，手書き，携帯，パソコン（キーボード入力）を使った文書作成速度を比較した．驚いたことに，最近の大学生の文字入力スピードは，手書きやパソコンよりも，携帯が最も早かったという結果が得られた．

中村[中村 2008]は，情報系大学生を対象にし，通常 PC（キーボードとマウス入力）及びタブレット PC（全てペン入力）と紙（ペン入力）を比較し，文字入力及び図形入力の速度を比較した．通常 PC と紙を比較した結果，文字入力に関しては，熟練者に関しては差が見られないが，PC 初心者では 2.6～3.0 倍であるため，PC 初心者にとってはペン入力が非常に優位であることが確認された．図形入力に関しては，PC 熟練者においても紙と比べたら，2.5 から 2.8 倍であるため，ペン入力の優位性が全ての PC ユーザにおいて優位であることが分かった．また，タブレット PC と紙を比較した結果，図形入力に関してはタブレット PC が紙の入力速度の 90%～98%のレベルであり，文字入力に関しては 86%のレベルであることがわかり，紙とほぼ同じ効果を持っていることが確認された．

2）入力デバイスの比較実験

ペンの操作性に関しては，魚井[魚井 1992]，Mackenzie[Mackenzie 1991]，及び加藤[加藤 1998]の研究を挙げることができる．魚井と Mackenzie はドラッギング操作について実験を行ったが，実験に用いられたペン入力デバイスは間接型である．その結果，ペンの方がマウスよりも操作が早かったと報告された．加藤は，2 種類のペン入力デバイスとマウスを用いて，ポインティング，ドラッギング，及び操作の移動方向依存性について分析を行い，ペンの特徴，及びペン UI を設計する時に考慮すべき点を明らかにした．

以上の従来研究を分析すると，以下のように 3 つの問題点があると分かった．

- 文字入力の比較実験について行われた研究はあったが，ここでは文書作成時の文字入力について実験を行ったため，アノテーション入力時のメモ書きの評価とは異なる可能性がある．
- 文字入力の比較実験について行われた従来研究では，考慮した項目は入力スピードのみであり，入力デバイスを比較する際に必要な認知学的な観点で評価していない．
- ペン入力デバイスを評価する実験はあったが，ここではペンを手書き入力デバイスとしてではなく，操作のための道具としてとらえていたため，ペン入力デバイスと手書きアノテーションの関係を評価することができない．

2.2.3 キーボードによる日本語文字入力の問題点

ここでは，日本語文字入力，ワープロ特有の問題点，及びキーボード自体の問題点について注目し，キーボードによる文字入力の問題点について概説する．

1）日本語入力の問題点

ワープロの日本語文字入力が創作活動に影響を与えるという事例が近年多く報告されている[石川 2000；井上 2000]．英語の場合，表音文字であるため創作活動には大きな影響を与えないが，それに対して日本語の場合は表意文字であり，かつ，図 2.3 に示すように，ローマ字，カナ，漢字と変換過程が数段必要になるため，創作活動に大きな影響を与えると考えられる．また，「雨」と「飴」のように，仮名漢字変換の同音異義語選択操作は思考の邪魔になると考えられる．意図した漢字に変換されず，集中力がそがれるなどの問題点もあると十分考えられる．

キーボードによる日本語入力

入力方法:

アルファベット→カナ→漢字

例えば,

「雨が降る」

amegafuru→あめがふる→雨が降る
飴が降る

＊ 2段の操作が必要となり，認知的負荷が大きい

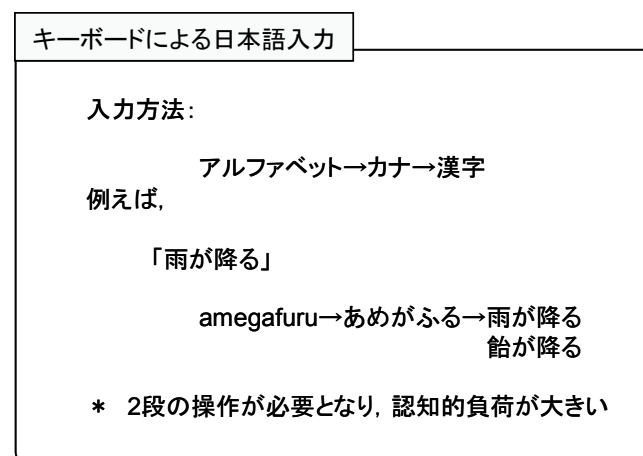



図 2.3 日本語文字入力の問題点

2）ワープロ特有の問題点

デザインの作業においては,細部にわたり精密かつきれいに呈されたデザインを見ると，それ以降はデザインの細部に熱中してしまい，デザインではなく，単なる作業に陥ってしまう．その結果，最も重要な「全体的なデザインを繰り返し構成する」ことはなくなり，きれいであるがプアーなデザインになってしまう問題が報告されている[Landay 1995；Suwa 1999]．

文書作成においても同様なことが考えられる．キーボードにより入力されたテキストの表示レイアウトは手書きよりもはるかにきれいなため,文書内容･表現を直す作業よりも，テキストのサイズ変更などのレイアウトデザインに気が捕らわれてしまい，質の悪い文書ができてしまう恐れがあると考えられる．

3）キーボードの問題点

現在普及しているキーボードは，機械式タイプライタの欠点をそのまま受け継いでしまっている．これには二つの問題点がある．

- まず，物理的なキーの並び方に問題がある．機械式タイプライタは，その機械的な構造上，キーを縦方向に整列できない．そのため，キーは奥から手前にかけて，少しずつ右にずらされている．電子式キーボードでは，このような制限はなくなったにも関わらず，タイプライタと同じようにジグザグに配置されている．次に，各キーに対する文字の割り当て方があまり合理的でない．これも機械的な制約があった当時の設計が今でも生き残っている．

- また，キーボードのタイピングには，手の運動が思考の錯乱を生み出すと考えられる．更に,キーボードで入力する際に，無自覚の視覚はキーボードの文字盤に，自覚的な視覚は画面に向けられる．このように，意識と無意識の思考が分裂するという問題点もあると考えられる．

2.2.4 手書アノテーションシステムの分類

既存のアノテーションシステムには大きく分けると，以下の 2 種類が存在する．ここではその違いと近年の流れについて述べる．

1）静止情報アノテーションシステム

このシステムは，デジタルドキュメントや静止画像のような静的デジタル情報に，様々なコンテンツをユーザが理解しやすくするように，自分で文章の補足や強調を行うためのアノテーションシステムである．大きく分けると，キーボードとマウスを用いた“テキストアノテーションシステム”と，手書き入力を用いた “手書きアノテーションシステム”がある．

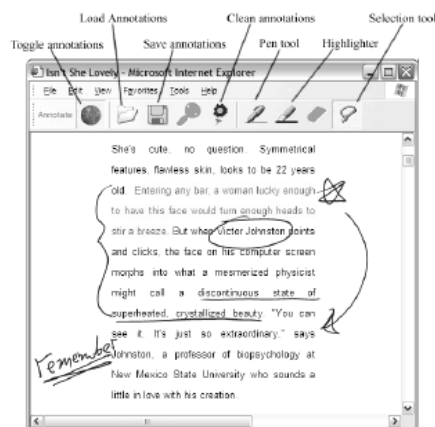



図 2.4　Calistro IE Plug-in Tool

デジタルドキュメントに付けられるアノテーションの多くは，図 2.4 に示されるようにアンダーラインや矢印などのダイヤグラム的なものが多いため，キーボードやマウスを用いる際に，ユーザが自由にアノテーションを付けるのは困難だと考えられ，最近では紙とペンの良さに近づけるために，Xlibris[Schilit 1998]や ScreenCrayons[Olsen 2004]のような手書きアノテーションシステムが多く研究されている．

2）動的情報アノテーションシステム

このシステムは，動画や音声のような動的デジタル情報にアノテーションを付けるためのシステムであり，マルチメディアアノテーションシステムとも言われる．図 2.5 に示されるように，今までは主にユーザがキーボードとマウスを用いてアノテーションを付けていたが，動的デジタル情報へのアノテーションのほとんどは，動画や音声の内容をメモとして入力しなければならないため，キーボードとマウスを用いる際に，オンタイムにメモを取るのは困難だと考えられる．そのため，重要な内容を見落とすことなくアノテーションを付けるために，最近では自動ビデオ解析や自動音声トランスクリプション*6 などの研究が多く行われている．

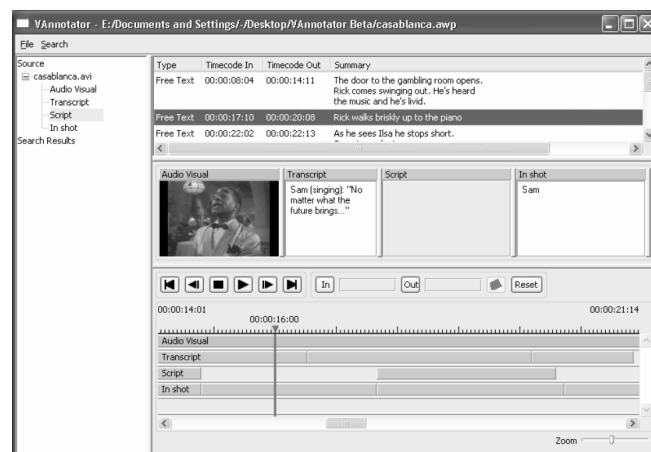



図 2.5　マルチメディアアノテーションシステムの例

（VAnnotator [Rehatschek 2001]）

しかし，このようなオートモーションシステムによって作成されたアノテーションは，必ずしもユーザのためになるとは限らない．情報の中には，確かに有益なものが多く含まれると考えられるが，ユーザにとって必要のない情報も多く含まれ，また欲している情報が含まれていないこともある．そのため，ユーザが自分が重要だと思う内容を自分の意思で自由に素早くアノテーション（メモ）ができるように，最近は DynaGraffiti[佐々木 2003]や LEAN[Ramos 2003]など，キーボードよりも手書きを用いるマルチメディアアノテーションシステムも多く研究されている．

*6　音声を文字化すること

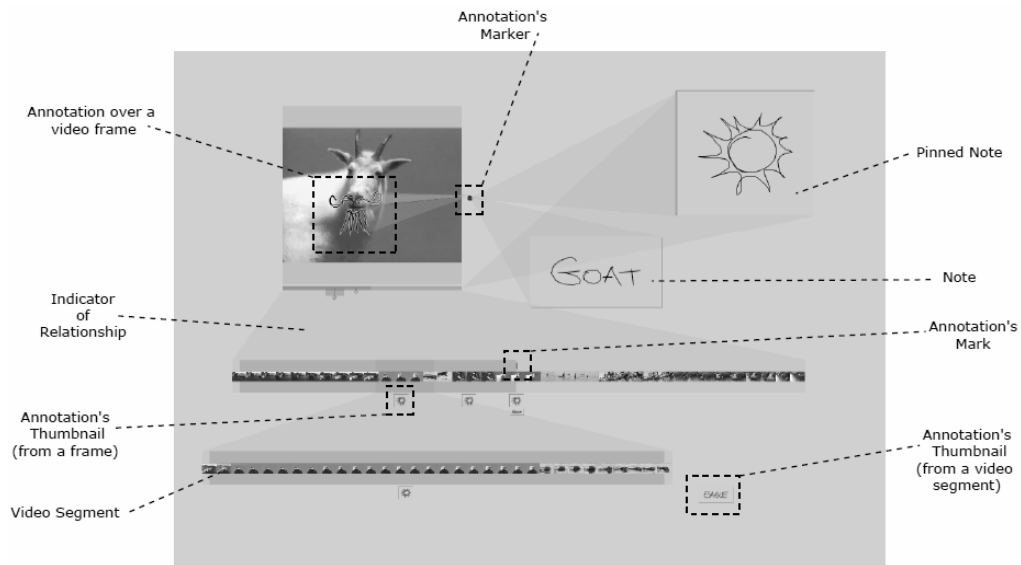



図 2.6　手書マルチメディアアノテーションシステムの例
（LEAN [Ramos 2003]）

これまで述べたように，近年のアノテーションシステムの流れは，紙とペンの良さに近づけるために，手書きアノテーションに関する研究が多く行われている．しかし，この流れを分析すると，手書き入力がキーボードよりも有効であることが定量的に明らかになっていないということが分かった．

静止情報アノテーションシステムの場合は，アンダーラインやボックスなどのダイヤグラム的なものが多いため，キーボード入力よりも手書きの方が自然にアノテーションができるということは十分に考えられる．しかし，動的情報アノテーションの場合は，そのほとんどのアノテーションはメモという形で入力しなければならないため，確実に手書きの方がキーボードよりも有効であることは言えない．総務省の平成 19 年通信利用動向調査報告書[総務省]によると，日本の世帯におけるパソコンの保有率が年々上昇しており，2007 年に 85%を超えている（図 2.7）．このように，パソコンを保有している人が年々増加しており，当然キーボードとマウスの使い方に慣れた人も多くなっている．一方，手書きで文字を書くことは最近では少なくなり，手紙やレポートなどをワープロで済ます人も多くなっている．また，キーボードは手書きよりも入力が速いと示唆する研究者も最近では多くなっている[Ward 2003]．

このように，現在では定量的なデータがない限り，手書きがキーボードよりも有効であることは言えない状況になっている．そのため，ペンユーザインタフェースの普及と発展のために，手書きアノテーションの有効性を定量的に分析し，それを明らかにする必要があると考えられる．

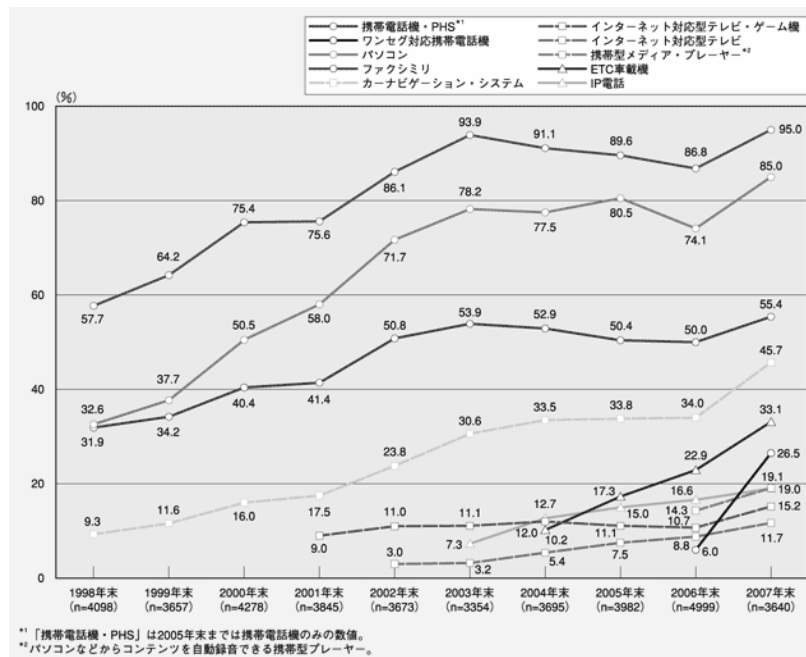



図 2.7　日本の世帯における情報通信機器の普及率と IP 電話利用率
（1998 年末～2007 年末実績）
出所：総務省、「平成 19 年通信利用動向調査報告書（世帯編）」（2008 年 6 月）

2.3　マルチメディア使用に関する研究

最近では，アニメーションを作成するためのシステム・プログラムが多く開発されたため，一般ユーザでも容易にアニメーションのような動的メディアを作成することができるようになり，発表用のスライドやデジタル教材，ウェブバナーなどで幅広く使用されている．

アニメーションは，情報を伝えるために効率的であることが指摘されている．例えば，デジタル教材においては，文書で説明するより，動画やアニメーションを用いて解説を行った方が分かりやすいと言われている．また，電化製品や機械などの取り扱い説明書も同じく，最近ではデジタル化にされつつあり，重要なところをアニメーションや動画で解説を行うアプローチを導入する会社も多くなっている．

それだけなく，アニメーションは動的メディアの性質を持っているため（目立つため，発見しやすさや注意を引きつける力があるなど），プレゼンテーション中のアニメーションやアニメーション化されたウェブバナーが多く使用される．ある報告によると，ウェブバナーをアニメーション化にすることによって，ユーザの注意を引き付ける力が 30～40%増加する[Marx 1996]．また，アニメーション化されたウェブバナーはユーザの記憶に長く残り，効率的であると報告した研究もある[Hamlin 1998]．

一方，最近ではアニメーションがユーザの集中力や注意を阻害し，メインタスクの効率を低下させると多く報告されている．Bayles[Bayles 2002]は，アニメーション化されたウェブバナー広告の効果を分析した結果，アニメーションがある場合とない場合との間においては，ウェブバナー広告の再生率及び再認率の違いに有意差が見られないことが分かった．この結果は，アニメーション化されたメディアがユーザの記憶に長く残るという研究[Outing 2004]の結果と異なり，アニメーション化されたメディアがユーザの記憶に影響しないことを示す．

また，小俣らは，閲覧者のウェブバナー広告への不快感を調査した．その結果，アニメーションのあるウェブバナーは閲覧者を不快にさせる傾向があることが分かった[小俣 2006]．しかし，この研究は主にウェブバナー広告のように情報が含まれるメディアを実験刺激として利用したため，この影響は“アニメーションの動き”によるものか，それとも“情報の内容”によるものかを明確に分離することができない．

Zhang[Zhang 2000]は，アニメーション化されたウェブバナーの影響を様々な視点から分析した．この研究により，主タスクに関連のあるウェブバナーはユーザの作業に大きく影響することが確認された．また，刺激の強い色で構成されたウェブバナーの影響が大きく，ウェブバナー及びウェブサイト設計する際に注意が必要と報告した．

以上の研究と異なり，Bartram[Bartram 2003]はユーザの気を引くために，アニメーション化されたアイコンのガイドラインを報告した．報告の中に，移動するアニメーションが最もユーザのメインタスクを阻害することが分かった．しかし，この研究では，アニメーションの問題点を評価するために，実験中の観察とユーザの主観的評価分析したものであり，定量的になっていない．

このように，ウェブバナーを基準にアニメーションの影響を分析した研究が多いが，そのほとんど何らかの意味的情報が含まれるウェブバナーを使用するため，純粋にアニメーションの影響を評価することができないと考えられる．また，アンケートやサーベイを用いた研究が多いため定量的に分析し，動的メディアの影響を分析する研究が少ない．

2.4 関連研究の分析と本研究の位置付け

関連研究の分析から，それぞれの問題点について以下のようにまとめることができる．まずペン入力とキーボードの問題点については，以下のことがいえる．

- 文字入力の比較実験について行われた研究はあったが，ここでは文書作成時の文字入力について実験を行ったため，メモ書きの評価とは異なる可能性がある．また，文字入力の比較実験について行われた従来研究では，考慮した項目は入力速度のみであり，入力デバイスを比較する際に必要な認知学的な観点で評価していない．
- ペン入力デバイスを評価する実験はあったが，ここではペンを手書き入力デバイスとしてではなく，操作のための道具としてとらえていたため，ペン入力デバイスとメモ書きの関係を評価することができない．
- ペンユーザインタフェースを入力デバイスとして採用したシステムの多くは，あくまでも手書き入力が主観的に有効だと考えてシステムの開発が進められているが，実際に手書き入力が定量的に有効であることを明らかにした研究が少ない．

以上の問題点から，手書きアノテーション自体の有効性について，定量的に明らかにした研究がないということが分かったが，最近ではペン入力の有効性を主観的に評価し，手書き入力を様々な分野に取り入れる傾向があるため，ペンユーザインタフェースの普及と発展，更に信頼性を向上させるために，本実験のように，手書き入力の有効性を明らかにすることは極めて重要だと考えられる．

また，動的メディアの関連研究から，以下のような問題点があると分かった．

- 最近ではアニメーションがユーザの集中力や注意を阻害し，メインタスクの効率を低下させると多く報告されたが，定量的に明らかになっていない．
- ほとんどの関連研究は意味的情報が含まれるウェブバナーを実験刺激として使用するため，純粋にアニメーションの影響を評価することができない

本実験はこれらの関連研究と異なり，まず動的メディアをウェブバナーに限らず，情報の持たない動的オブジェクトを刺激として採用したため，幅広い分野にこの実験結果を適応することができると考えられる．動的メディアの影響を抑制するために手書き入力に着目した研究がなく，極めて新しい試みである．

第3章　日本語のメモ書きにおける手書き入力の有効性

3.1　序論

マルチメディアやネットワークなどの情報処理分野において，ソフトウェア／ハードウェア技術が驚異的に進歩している．これらのソフトウェア技術とハードウェア技術を融合し，高度な情報環境の実現へ向けて，種々のシステムが提案・開発されている．しかし残念ながら，現在の最先端技術を単に組み合わせただけでは，人間の知的な創造活動の支援とはなりえず, 逆に人間の持つ創造力や感性を阻害しているという知見が得られている[田野 1999；田野 2001].

例えば，物書き作業はその例の一つである．近年の情報技術の発展により，最近では多くの人がワードプロセッサを用いて文書を作成している．デジタルドキュメントは紙と違って，情報の再利用，移動や訂正のような編集の容易さ，スペルチェック機能など，多くの便利な機能が利用できるので，文書作成の作業にメリットが多いと示唆される[Ohara 1997]．そのため，一旦ワードプロセッサに慣れてしまうと，ワードプロセッサなしでは文書を作成することが困難になってしまうほどである．このように，ワードプロセッサを用いた物書き作業には多くのメリットがあるが，その一方で人間の知的な創造活動の支援とはなりえず，逆に人間の持つ創造力を阻害していることも多く報告されている [石川 2000；井上 2000]．以下に，ワードプロセッサに関係する阻害例を分析し，3 つの要因に分け問題点を明らかにする．

＜要因 1：入力形態と思考様式＞　ここでは，クリフォード・ストール著「インターネットはからっぽの洞窟」[Stoll 1996]での実験を例としてあげる．「インターネットはからっぽの洞窟」は 400 ページ程度の書籍であり，この書籍の執筆において，3 種の入力メディアを交合に用いている．最初の 3 日間はワードプロセッサ，次の 3 日間は機械式タイプライタ，次の 3 日間は紙（手書き)，さらにワードプロセッサに戻って…と繰り返し 1 冊の本を執筆している．つまり,「インターネットはからっぽの洞窟」は物書き作業の思考様式が入力メディアによってどのように変化するかを検証するための実験データである．書籍を分析した結果を表 3.1 に示す．ワードプロセッサは字数が稼げるが論理的ではない，機械式タイプライタは，簡潔な文体で論理的な展開，紙は感性的・感情的な表現が多い，などの結果が得られている．

表 3.1　用いる入力デバイスによる思考への影響

入　力 メディア	ワードプロセッサ	タイプライタ	紙（手書き）
特　徴	字数が稼げるが 論理的でない	簡潔な文体で 論理的な展開	感性的・感情的な 表現が多い

このように，知的活動（例えば，物書き作業）の思考様式は入力メディアによって影響を受けており，更に，ワードプロセッサはこのような知的な創造活動を阻害している可能性があるという結果が得られている．

＜要因 2：整ったフォント／フォーマット表示の問題点＞　例えば，GUI デザインは手間がかかるため，支援ツールが開発されている．多数の UI 部品を準備し，それをユーザがきれいに配置し，GUI ソフトウェアを自動生成するというシステムである．しかし，このようなシステムをデザイナは使いたがらない．デザイナは大まかな感じで画面を設計したいにもかかわらず，精密な作図を要求されてしまう．換言すれば，だいたいの GUI の感じを知りたい，動きを知りたいと希望しているにもかかわらず，精緻な配置作業が求められ，配置してしまうと，今度は逆にその配置が 1 ドットずれた…などといった細かいところに注意が移ってしまい，全体的な構成を考えづらくなってしまうのである．このような設計支援ツールを使えば見た目はきれいであるが，ユーザビリティの配慮に欠けたユーザインタフェースができてしまう[Landay 1995]．同様な事例が，建築家[Suwa 1999]，カーエクステリアデザイナー[Tano 2003]においても報告されている．

つまり，細部にわたり精密かつきれいに呈されたデザインを見ると，それ以降はデザインの細部に熱中してしまい，デザインではなく，単なる作業に陥ってしまう．その結果，最も重要な「全体的なデザインを繰り返し構成する」ことはなくなり，きれいであるがプアーなデザインになってしまう．同様に，物書き作業においても同様のことが考えられる．整ったフォントで，きれいにフォーマットされた文章を見てしまうと，全体的にもう一度書き直そうという気が起らない．

＜要因 3：日本語入力の複雑さ＞　日本では特有の日本語仮名漢字変換に起因する問題点が指摘されるようになってきている．単に漢字を覚えられないという表層的な問題を越え，本質的な問題点が報告されるようになってきた[石川 2000；井上 2000]．

入力準備

手書きの → てがきの → tegakino

頭の中で漢字→仮名→ローマ字に変換し，入力する準備を行う

STEP1	STEP2	STEP3	STEP 4
tegakino	てがきの	手書きの 手書の 手描きの テガキノ …	手書きの
ローマ字を入力	自動的に仮名文字に変換される		意図した漢字を選択

漢字の変換候補リストがていじされる

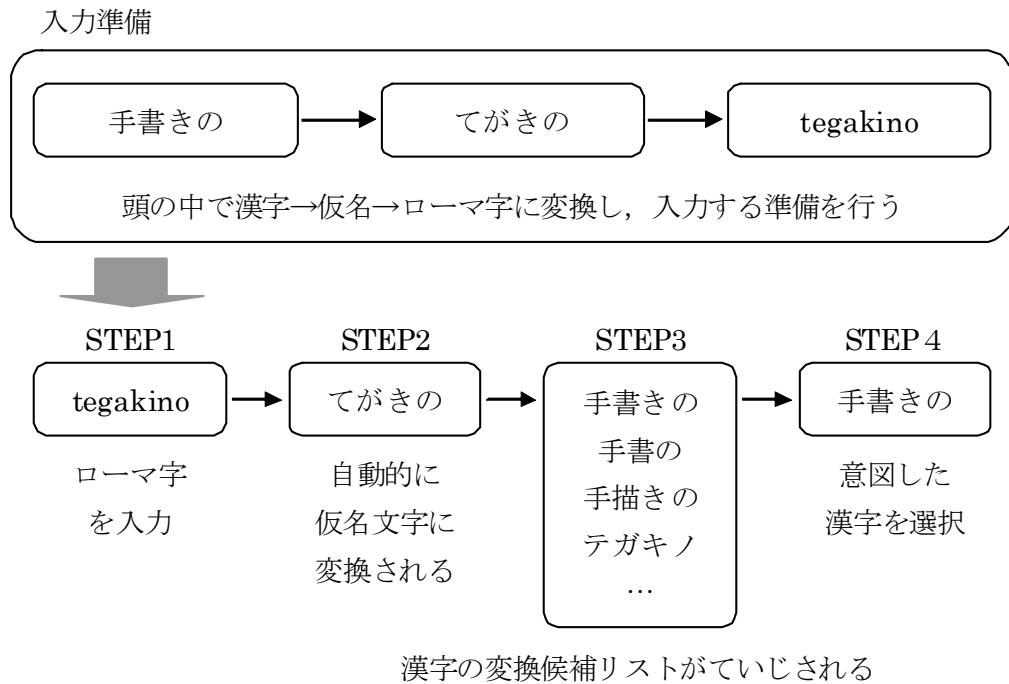



図 3.1　QWERTY キーボードによるローマ字入力のサンプル

日本語文字入力には処理しなければならない文字数は数千個以上あり [Miyazawa 1990；Agenbroad 2003；Umemuro 2004]，すべての文字をキーボードに配置するのは合理的ではない．日本語を入力するために，今まで様々な入力手法が開発された．例えば，QWERTY キー配列によるローマ字入力，JIS キー配列による仮名入力，1980 年に富士通が開発した親指シフト入力方式，M 式キーボードなどがあり，その中で最も普及し，幅広く使われているのはローマ字入力である[Morita 1987]．

図 3.1 に示すように，ローマ字入力では，入力する前にまず頭の中で漢字→仮名→ローマ字に変換し，入力する準備をしなければならない．その後，打鍵されたローマ字が自動的に仮名文字に変換され，漢字の変換が必要な場合，漢字の変換候補がリストとして提示され，その中から選択しなければならない．また，日本語は表意文字であるため，変換キーを打鍵して必ずしも意図した漢字に最初に変換されることが限らないため，同音異義語選択操作が煩雑になる可能性も大きい．

このような作業は，我々の短期記憶に負荷がかかると考えられる．人間の短期記憶容量はマジックナンバー7 と言われるように極めて小さい．このように貧弱な短期記憶容量にもかかわらず，単に入力するにも数段階の処理が必要になる．それにより，思い浮かんだ貴重なアイディアを記録できず, 物書き作業を行う際に忘れてしまう可能性がある. また，煩雑に行われる同音異義語選択操作が思考を邪魔し，集中力がそがれることも頻繁に起こっているという問題点もある．

本実験はこの日本語入力の問題点に焦点を当てる．キーボード入力は，数段階の認知処理と,煩雑に行われる同音異義語選択操作が必要であり,我々の知的活動を阻害するうえ，入力速度の低下にも多く影響すると考えられる．しかし，物書き作業のような知的活動の初期段階においては，関係情報を収集するために，頭の中に思い浮かんだ貴重なアイディアや，音声や動画など，様々なメディアから情報を素早くかつ正確にメモとして記録しなければならない．そのため，メモ書きのような作業においては素早い入力，及び高い集中力が要求され，キーボード入力は有効ではないと考えられる．

我々は，メモ書き作業において，キーボードよりも自然，かつ，簡単に入力できる手書き入力の方が有効であると考える．この仮説を明らかにするため，本実験では手書きとキーボードの比較実験を行い，日本語でのメモ書き作業における手書き入力の有効性について定量的に分析し，明らかにした．

3.2 関連研究

本節では，今までの手書き入力の研究の流れ，手書き入力，仮名漢字変換，及びペンユーザインタフェースにおける定量的実験についての分析を述べる．次に，手書き入力が採用されたシステムについていくつかを紹介する．最後に，関連研究の問題点のまとめ，及び本研究のアプローチについて述べる．

3.2.1 関連研究の分析

まず，これまでの研究では，一般的に手書き入力の問題点としては，入力速度の遅さが挙がっていた[増井 1996 ; 岩山 2002 ; 太田 1998]．しかし，このような指摘は実証的に検証されていないため，定量的に明らかにする必要がある．また，その多くの研究［増井 1996 ; 岩山 2002］は，PDA のような携帯情報機器にオンライン文字認識を利用した手書き文字入力について手書き入力速度の遅さを議論したため，メモ書き入力時の評価とは比較できない．

次に，手書き入力の定量的比較実験に関しては，田村[田村 2003]と中村[中村 2008]の研究を例としてあげることができる．

- 田村は，大学生を対象にし，文書作成時の文字入力方法の違いにおける入力スピードの比較を行った．この研究は，手書き，携帯，パソコン（キーボード入力）を使った文書作成速度を比較した．驚いたことに，最近の大学生の文字入力スピードは，手書きやパソコンよりも，携帯が最も早かったという結果が得られた．

- 中村は，情報系大学生を対象にし，通常 PC（キーボードとマウス入力）及びタブレット PC（全てペン入力）と紙（ペン入力）を比較し，文字入力及び図形入力の速度を比較した．通常 PC と紙を比較した結果，文字入力に関しては，PC 初心者では 2.6～3.0 倍，PC 熟練者では 0.93 倍である．このように，文字入力では，PC 初心者においてペン入力が非常に優位であるという結果が得られている．図形入力に関しては，PC 熟練者においても紙と比べたら，2.5 から 2.8 倍であり，ペン入力の優位性が全ての PC ユーザにおいて非常に優位であることが分かった．また，タブレット PC と紙を比較した結果，図形入力に関してはタブレット PC が紙の入力速度の 90%～98%のレベルで，文字入力に関しては 86%のレベルであることがわかり，タブレット PC により紙とほぼ同じ効果が得られることが明らかになった．

しかし，ここで述べた研究は，両方とも入力速度のみを考慮し，入力デバイスを比較する際に必要な認知科学の観点で評価していない．また，この研究では文書作成時の文字入力について検証したため，メモ書き入力時の評価と異なる可能性がある．

また，Ren ら[Ren 2003]が日本語文字入力における仮名漢字変換についての研究を行った．この研究から，仮名漢字変換の過程が総合入力時間の 70%を占めるということが分かった．しかし，この研究では変換の対象は，「亜」及び「伊」のように，1 文字分の入力サンプルを使用しているだけであり，メモ書きのように長い文書を入力する際には，異なる評価が得られると考えられる．また，Wang ら[Wang 2001]が中国語の文字入力における漢字変換過程についての研究を報告した．結果としては，中国語の文字入力では，漢字変換操作が総合入力時間の 36%を占めるということが分かった．

更に，ペンの操作性に関しては，Mackenzie[Mackenzie 1991]，魚井[魚井 1992]，及び加藤[加藤 1998]の研究を挙げることができる．魚井と Mackenzie はドラッギング操作について実験を行ったが，実験に用いられたペン入力デバイスは間接型である．その結果，ペンの方がマウスよりも操作が早かったと報告された．加藤は，2 種類のペン入力デバイスとマウスを用いて，ポインティング，ドラッギング，及び操作の移動方向依存性について分析を行い，ペンの特徴，及びペン UI を設計する時に考慮すべき点を明らかにした．しかし，これらの研究はペンを手書き入力デバイスとしてではなく，ポインティングやドラッギングのような操作のための道具としてとらえているため，これらの研究結果を用いて日本語における手書き入力の有効性を評価するのは限界がある．

最後に，第 2 章で述べたように，ペンユーザインタフェースの入力は簡単，かつ自然に行えることを主観的に多く評価されるため，最近では様々なシステムに適応されている．これは，手書きアノテーション・メモシステム[香村 2003 ; 佐々木 2003 ; Bargeron 2003 ; Olsen 2004]や TEDDY[Igarashi 1999]のようなスケッチシステムにとどまらず，デザインの分野においても，ModelCraft : 3D モデルデザイン[Song 2006]，SILK : GUI デザイン[Landay 1996]，DENIM : ウェブページデザイン[Newman 2003]，及び SketchPoint :

発表用スライドデザイン[Li 2003]などのシステムがある．また，タブレット PC や液晶ペンタブレットのようなペン入力デバイスが普及するとともに，最近では教育の分野においても手書き講義支援システム[Anderson 2004 ; Berque 2006]や手書きノートテーキングシステム[Kam 2005 ; Ward 2003]が多く開発されている．このように，ペンユーザインタフェースを入力デバイスとして採用したシステムが多く存在するが，あくまでも手書き入力が主観的に有効だと考えてシステムの開発を進めているだけで，実際に手書き入力の有効性について定量的に分析している研究が少ない．

3.2.2 関連研究の問題点

3.2.1 項に述べた関連研究の分析から，それぞれの問題点について以下のようにまとめることができる．

- これまでの研究では，一般的に手書き入力の問題点として，入力速度の遅さが挙がっていたが，このような指摘は実証的に検証されていない．また，その多くの研究はオンライン文字認識を利用した手書き文字入力について手書き入力速度の遅さを議論したため，メモ書き入力時の評価とは比較できない．
- 文字入力の比較実験について行われた研究はあったが，ここでは文書作成時の文字入力について実験を行ったため，メモ書きの評価とは異なる可能性がある．
- 文字入力の比較実験について行われた従来研究では，考慮した項目は入力速度のみであり，入力デバイスを比較する際に必要な認知学的な観点で評価していない．
- ペン入力デバイスを評価する実験はあったが，ここではペンを手書き入力デバイスとしてではなく，操作のための道具としてとらえていたため，ペン入力デバイスとメモ書きの関係を評価することができない．
- ペンユーザインタフェースを入力デバイスとして採用したシステムの多くは，あくまでも手書き入力が主観的に有効だと考えてシステムの開発が進められているが，実際に手書き入力が定量的に有効であることを明らかにした研究が少ない．

以上の問題点から，文書作成時における手書き入力の有効性を分析した研究があるが，物書きのような知的活動の初期段階に必要なメモ書き作業における手書きの有効性を定量的に明らかにした研究はないということが分かった．また，最近では，ペン入力の有効性を主観的に評価し，この評価を基に手書き入力を様々な分野に取り入れたシステムが多く存在することも明らかになった．したがって，ペンユーザインタフェースの信頼性・普及率を向上させるために，本実験のように，手書き入力の有効性を明らかにすることは極めて重要だと考えられる．

3.2.3 本研究の目的

日本語における手書きメモ入力の有効性を定量的に分析し，明らかにすることが本実験のコアの目的である．本実験は，これまで述べた関連研究と異なり，人間工学の観点だけでなく，認知科学の観点も考慮し，手書きとキーボードの比較実験を行い，具体的に以下の 4 つの項目について日本語における手書きメモ入力の有効性を定量的に明らかにすることを目的にした．

- 目的 1： 頭の中に思い浮かんだアイディアを素早く，かつ，正確にメモとして記入しなければならないため，入力速度においてどちらがより速く入力できるかを明らかにする．
- 目的 2： 知的活動の初期段階では，思い浮かんだアイディアをメモとして正確に記入するのは非常に重要なため，このような作業においてどちらが認知的負荷が小さく，記憶した内容がより正確に入力できるかを明らかにする．
- 目的 3： 手書きは自然に入力ができるため，短期記憶への負荷が小さく，キーボードよりも入力した内容が長く記憶に残ると考えられる．ここでは，手書き及びキーボードで入力された内容はどちらが長く記憶に残るかを定量的に分析し明らかにする．
- 目的 4： 知的活動の初期段階では，思い浮かんだアイディアだけでなく，音声やビデオなど様々なメディアから情報を収集し，メモとして記入しなければならない．このような作業において記入されたメモでは，どちらの内容が十分, かつ, 正確であり，更に記入した人の理解度が高いかを明らかにする．

3.2.4 本研究のアプローチ

比較実験を行う際に，最も大きな問題は実験手法，及び実験試料自体の妥当性である．誤った指示方法や，偏った実験試料などは，実験結果に大きく影響するため，妥当な実験手法，及び実験試料を用いることが非常に重要である．

そのため，評価実験を行う前に，実験手法，及び実験試料自体の妥当性を確認するための予備実験を先に行う必要がある．また，次のステップとして，予備実験より明らかになった問題点を分析し，改善を行わなければならないと考えられる．そこで，本研究のアプローチは図 3.2 に示すように，3 つのステップに分けて研究を進める．

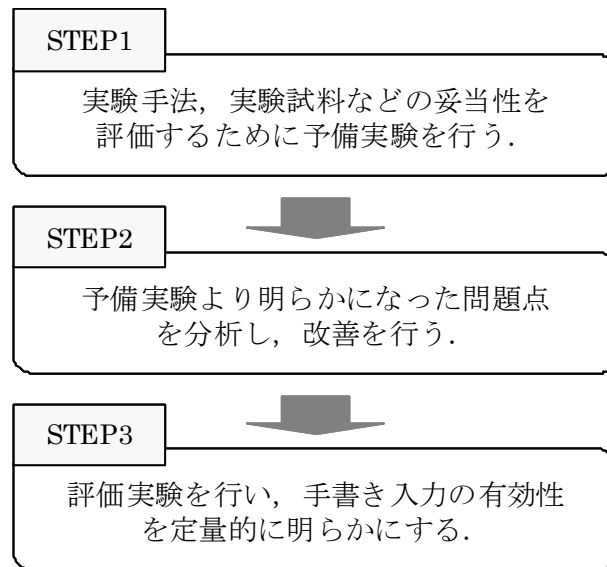



図 3.2　研究アプローチ

3.3 実験の設計

本実験は，人間工学の観点，及び認知科学の観点を考慮し，上記で述べた目的に基づいて実験を次のように設計した.

まず，知的活動の初期段階において思い浮かんだアイディアをメモとして入力する際に，どれぐらい速くかつ正確に入力できるかによって知的活動の評価が左右される．本研究では，手書き及びキーボードの入力速度を比較するために，被験者に文を表示し，それを見ながら手書きまたはキーボードで同じ文を入力してもらい，それぞれの入力速度を定量的に分析するように設計した.（これは目的 1 に対応する.）

次に，思い浮かんだアイディアや，人の話・様々なメディアから重要と思われる情報を正確にメモすることは，我々の生活の中では欠かせないことであり，このような作業において手書き入力の有効性を明らかにすることが重要である．思い浮かんだアイディアを記録する作業に関しては，我々はそのアイディアを頭の中で精一杯記憶，思い返しながら，入力しなければならない．そのため，このような作業においては，どれぐらいの認知的負荷がかかるかによってメモの評価が左右される．本実験では，思い浮かんだアイディアを記憶しながら入力することと同じ状況を再現するために，被験者に文を一定時間内に表示して記憶させ，文が非表示になってから同じ内容を入力してもらうように設計した．文の長さを変え，表示時間を一定にすることにより，認知的負荷を変えることができ，手書き及びキーボードでメモを入力する際の被験者の認知的負荷を調整することができると考える.（これは目的 2 に対応する.）

また，手書き入力は自然に入力ができるため，キーボードよりも入力した内容が長く記憶に残ると考えられる．本実験では，実験中に記憶した文がどれぐらい記憶できるかを分析するために，実験の数時間後に再認問題を行うように実験を設計した．（これは目的 3 に対応する．）

最後に，収集すべき情報の資源は様々であり，例えば，直接人から話を聞いたり，音声やビデオなど様々なメディアを視聴したりした中から，重要と思われる情報を正確に記入し収集しなければならない．このような重要と思われる情報を正確に入力するためには，非常に高い集中力が必要とされる．さらに，入力デバイスによってユーザの集中力が阻害され，入力されたメモの評価やユーザの理解度などが左右される可能性があると考えられる．本実験では，この作業において手書きの有効性を定量的に明らかにするために，被験者に音声及びビデオを視聴させ，その内容をキーボード及び手書きでメモをさせる．その後入力されたメモの十分さ及び被験者の理解度を測るために，流した音声及びビデオについての問題を解いてもらうように設計した．（これは目的 4 に対応する．）

3.4 タスク内容

前節に述べた実験の設計より, 本実験は以下の 4 つのタスクに分ける. タスク 1 と 2 は，思い浮かんだアイディアを記入する作業と，入力速度，認知的負荷，及び記憶との関係を分析するために設けた．タスク 3 と 4 は，音声及びビデオ情報から重要と思われる情報を記入する際に，手書き入力がどれ有効か分析するために設けた．以下は，タスク 1 からタスク 4 の詳細である．

3.4.1 タスク 1 の内容

タスク 1 では，入力速度を計るために，図 3.3 に示すように Reference Window にランダムに表示された提示文（10，20，及び 30 文字程度の長さの文章，計 30 文.）を見ながら，できる限り速く手書き，またはキーボードで同じ文を Task Window に入力してもらう．また，本タスクでは入力時間は制限されず，被験者が入力し終えたら，自分の意思で次の文に進む.

3.4.2 タスク 2 の内容

タスク 2 では，頭の中で精一杯記憶した内容をどれぐらい忘れずに入力できるかを計るために，タスク 1 と異なり，Reference Window にランダムに一定の表示時間内（5 秒）だけ提示文（タスク 1 とは異なる 10，20，及び 30 文字程度の長さの文章，計 30 文.）がランダムに表示され，それを記憶し，提示文が非表示になってから，Task Window に手書

き，またはキーボードでできる限り提示文と同じように入力してもらう（図 3.4）．タスク 2 ではタスク 1 と同様，入力時間は制限されず，被験者が入力し終えたら，自分の意思で次の文に進む．また，本タスクでは入力速度を計ることが目的ではないため，実験前の指示では，本タスクにおいて入力速度が関係ないことを伝え，被験者が満足するまでに入力するように指示した．最後に，タスクの 2 時間後に，記憶した文がどれぐらい記憶に残っているかを分析するために，記憶テストを行う．

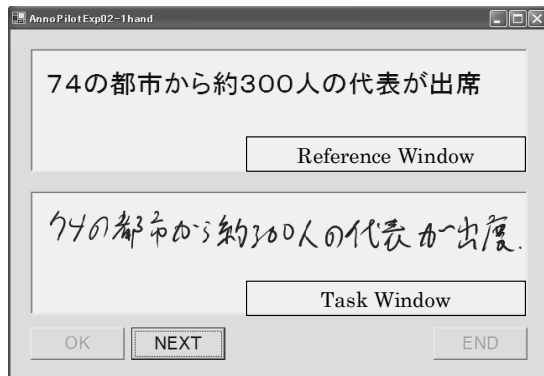



図 3.3　タスク 1 の UI サンプル
（手書き入力： 600px×150px）

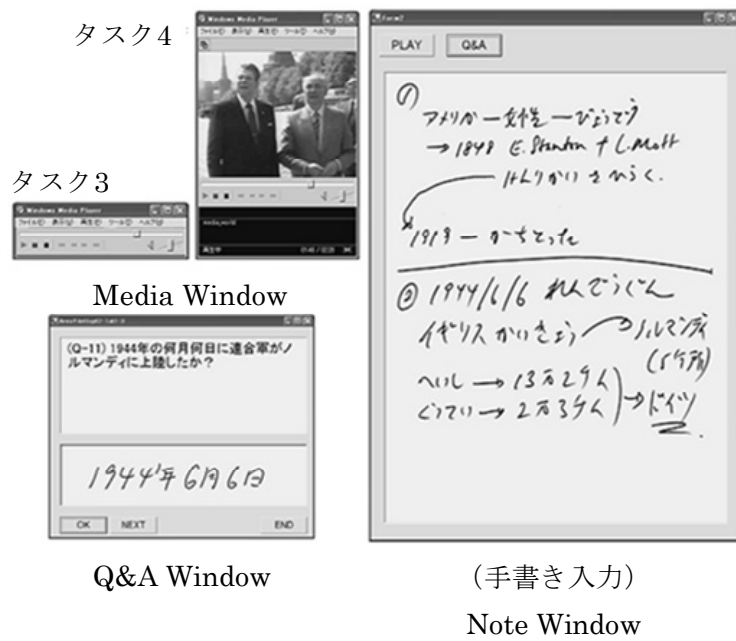
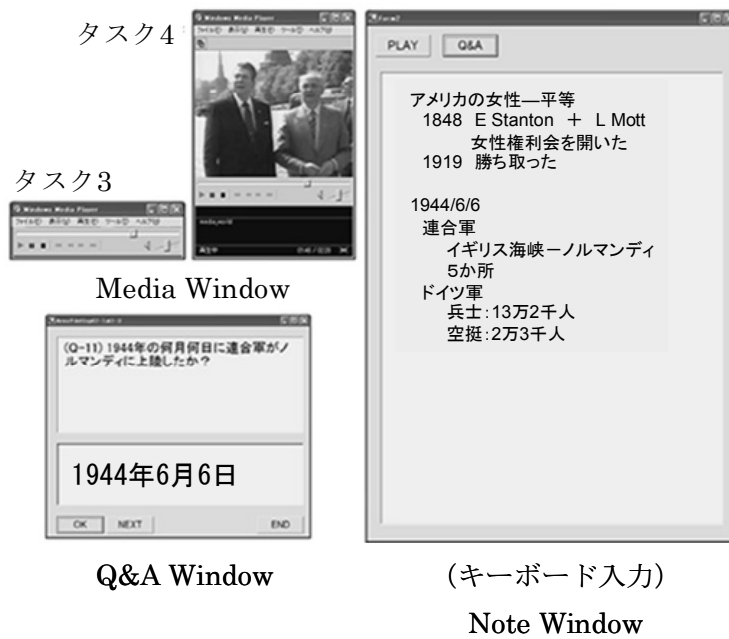



図 3.4　タスク 2 の UI サンプル
（キーボード入力： 600px×150px）

3.4.3 タスク 3 の内容

タスク 3 では，音声を聴取するときに入力したメモの正確さ，及び被験者の理解度を測るために，図 3.5 に示すように音声を聞きながら，Note Window に手書き，またはキーボードでメモを取り，最後に Q&A Window に表示された問題を解く．実験前の指示では，音声は 1 度しか聴取できないことを伝え，音声の再生が終了したら，メモをやめるように指示した．

3.4.4 タスク 4 の内容

タスク 4 では，ビデオ（音声＋映像）を視聴するときに入力したメモの正確さ，及び被験者の理解度を測るために，図 3.5 に示すように Media Window に表示されるビデオ（音声＋映像）を視聴しながら，Note Window に手書き，またはキーボードでメモを取り，最後に Q&A Window に表示された問題を解く．タスク 3 と同様，実験前の指示ではビデオが 1 度しか視聴できないことを伝え，ビデオの再生が終了したら，メモをやめるように指示した．

a）手書き入力の場合

b）キーボード入力の場合

図 3.5　タスク 3 及び 4 の UI サンプル
（ノート領域：　550px×650px）

3.5 予備実験について

前節で述べたように，比較実験を行う際に，実験手法自体の妥当性を評価することが非常に重要である．そのため，この予備実験は，手書きとキーボードの比較実験を行う際に，用いる実験手法，及び実験試料の妥当性を評価することを目的とした．予備実験では，主に実験手法，用いる実験試料，及び実験用のシステムに問題があるかどうかを分析し，明らかになった問題点の改善方法を見出す．

3.5.1 具体的な実験内容

予備実験は基本的に本番の比較実験と同じように行い，被験者に前節に述べたタスク 1 からタスク 4 を行ってもらった．また，タスク 4 を除いて，それぞれのタスクは 2 回ずつ行う．タスク 4 は 1 回のみ行う．学習効果の影響を除くために，タスクを行う順番を被験者によって変化させる．ただし，予備実験では詳細な結果を必要としないため，入力デバイスと記憶の関係を分析する必要もないと考え，ここではタスク 2 の 2 時間後に行う記憶テストを除外した．

また，本番の比較実験では行わないが，予備実験ではタスク中に被験者が感じたこと，対面した問題なども確認しなければならないため，実験の最後に各被験者に実験の内容についてのインタビューを行う．それだけでなく，実験中に被験者をずっと観察し，問題があると感じたことに関してはまずメモを取り，その後インタビューセッションで確認を行った．その他の計測科目は，各タスクの終了時間であり，設定したタスクの時間内に終了することができるかどうかを確認する．

実験試料は次の通りである．タスク 1，及びタスク 2 の文は，Microsoft Encarta 2000 から抽出したものを採用した．タスク 3 の音声資料は，日本語（上級）の授業で使われる教材を採用した．タスク 4 のビデオ資料は，Microsoft Encarta 2000 から抽出した日本史と世界史の動画ファイルを採用した．また，問題を解く能力は，個人によって異なるので，その影響を抑えるためにタスク 3 及び 4 で出題する問題は，全て事実的な内容から出題し，○×問題と筆記問題の 2 つに分けた．タスク 1 の文のサンプルを図 3.6 に，タスク 4 の問題のサンプルを図 3.7 に示す．

実験で用いた UI の開発環境は，VisualC#.Net と TabletPC SDK である．音声及びビデオの再生ツールには，Windows Media Player 9 を用いた．また，日本語変換プログラムは Microsoft IME 2002 を用いた．実験で使用した機材を，表 2 にまとめる．

1. 連合軍は 1943 年 7 月にイタリア軍を制圧した.
2. 文部省によれば，平成 10 に幼稚園数はやく 1 万 5 千園で，少々減少.
3. 国際オリンピック委員会.
4. 物流商品コードでは，細い黒を 0，太い黒を 1 として，2 進数で表現する.
5. CISC は RISC にくらべての演算の命令が複雑である.
6. 通信と放送衛星に分ける.
7. 19 世紀半ばになると，帝国主義は自由貿易帝国主義に変容する.
8. 植民地と植民地主義.
9. IPv6 は 32 ビットから 128 ビットへ拡張を行うもの.
10. 黒沢明監督はアカデミー賞外国語映画賞を獲得.

図 3.6　タスク 1 の実験試料の例（予備実験）

A）〇×問題のサンプル：

1. 日中戦争のきっかけは，盧溝橋事件です.
（〇 or × - ×であれば，本当の答えを書きなさい）
2. 日本に来た連合国最高司令官はマッカーサーです.
（〇 or × - ×であれば，本当の答えを書きなさい）
3. 東京大学の紛争のときに，全てのバリケードを撤去するのに，3 日間がかかりました.
（〇 or × - ×であれば，本当の答えを書きなさい）
4. マッカーサー最高司令官は東京湾に上陸しました.
（〇 or × - ×であれば，本当の答えを書きなさい）
5. 日中戦争のときの日本軍の残虐行為を日本人が知ったのは，戦後でした.
（〇 or × - ×であれば，本当の答えを書きなさい）

B）筆記問題のサンプル

1. NHK がテレビの本放送を始めた当時，テレビの価格は大卒初任給の何倍以上ですか？
2. 日中戦争のときに，日本軍が南京を占領したのは，何月ですか？
3. 東京大学の紛争は，いつ起こりましたか？
4. マッカーサーが来日したのはいつですか？
5. 北京郊外の盧溝橋で日中両軍が衝突したのは，何年何月ですか？
6. 東京大学の紛争のときに，逮捕された学生活動家の数は，何人ですか？
7. 1945 年 9 月 2 日に，東京湾に停泊したアメリカ戦艦の名前は何ですか？
8. NHK がテレビの本放送を始めたのはいつですか？
9. 日中戦争のときに，日本軍が上海を占領したのは，何月ですか？
10. 東京大学の紛争のときに，学生はどこにたてこもりましたか？

図 3.7　タスク 4 の問題集の例（予備実験）

表 2　予備実験の実験機材

コンピュータ	Dell Precision360（CPU：Pentium 4 3GHz）
OS	Microsoft Windows XP
入力デバイス	手描き入力： — Wacom 社製液晶 ペンタブレット Cintiq1800 — 解像度 1280×1024 キーボード：標準の QWERTY 配列キーボード

3.5.2 予備実験の結果

3.5.2.1 予備実験の様子

予備実験の被験者は，21 歳から 30 歳までの大学院生５名である．予備実験の実験様子を図 3.8（タスク１），図 3.9（タスク２），及び図 3.10（タスク４）に示す．全てのタスクは設定された時間内に終了することができたことを確認した．また，全てのタスクを終了するまで必要な時間は，3 時間程度だった．

図 3.8　タスク 1 の様子

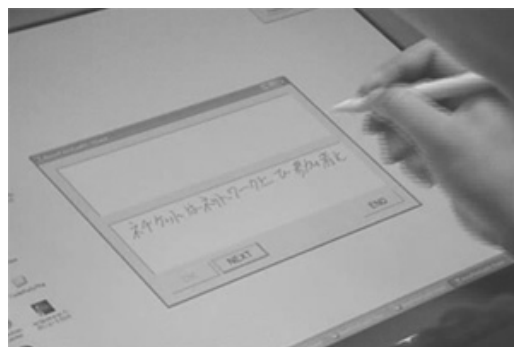



図 3.9　タスク 2 の様子

図 3.10　タスク 4 の様子

3.5.2.2 実験手法の妥当性評価

ここでは，実験中に観察した問題点，及びインタビューセッションで指摘された問題点について以下にまとめる．

- タスク 1 では，「第２次世界大戦の日本」のように，漢字がたくさん含まれる文を数多く用いたため，手書きの場合ストローク*7 数が多くなり，妥当性のある実験結果が得られなかった．漢字，ひらがな，カタカナ，数字，及び記号の比率に注意する必要がある．更に，手書きの場合，実験結果はどれぐらい丁寧に書くかによって変化するので，実験前に被験者にこのことについて指示しなければならないことが分かった．
- 予備実験では，Microsoft IME 2002 漢字変換機能の学習ツールを無効にせず，実験を行ったため，仮名漢字変換の問題点の一つである同音異義語選択操作が少なくなり，このままではこの問題についての分析ができなくなる可能性があると分かった．
- タスク 2 では，一般常識の文や被験者が得意と思われる分野（情報処理関係）の文を数多く使用したため，実験結果が選択された文によって左右され，妥当性のある実験結果が得られない可能性が高いことが分かった．その理由は，文の内容を既に知っているか，または文の内容が覚えやすいためである．既に記憶された文の場合は，新しい文を表示しても既に記憶された文が再現されてしまい，その結果，前に記憶した文と同じ内容が書かれた．そのため，提示文の分野の選択に注意が必要である．
- タスク 3 と 4 では，実験は各被験者にランダムに行われたが，極端に難しい問題があると判明した．特に，今回出された問題の中で，世界史についての問題が極端に難しく，一方日本史についての問題が簡単であったことがアンケートから分かった．そのため，極端に難しいまたは簡単な問題は出題しないように注意しなければならない．
- タスク 4 では，ビデオを流すためのメディアウィンドウはメモウィンドウの隣に置かれた．手書きの場合，ビデオを見ながらメモを取ったが，キーボード入力の場合，入力する際にキーボードに注目し，ビデオ（映像）をほとんど見なかったというキーボード入力特有の問題点が報告された．しかし，今回の実験ではタスク 4（ビデオ―音声＋映像）で出題した問題はほとんどが音声情報から作られたので，この問題点に関する結果がほとんど得られなかった．そのため，問題は音声情報のみならず，映像情報からも出題しなければならない．
- タスク 3 と 4 に用いたメモウィンドウは，スクロールバーを用いて入力スペースを増やしたり，隠れている部分を表示させたりする．そのため，手書きの場合は，ペン入力デバイスを用いてスクロールバーを操作しなければならない．Mackenzie ら [Mackenzie1991]の研究で報告されたように，ペン入力デバイスでスクロールバーのような細かい部分を操作するのは困難である．そのため，手書きで入力する際に，入力スペースを増やすためにスクロールバーを操作しなければならないので，非常に時

*7　1 画として入力された筆跡情報のこと

間がかかり，そのため重要な内容をメモできなかったケースが多く見られた．また，問題を解く際にも，スクロールバーを用いて隠れている部分を表示させなければならないため，時間がかかったと報告された．そのため，手書き入力のメモウィンドウには，スクロールバーを使ってはいけないということが分かった．

- また，キーボード入力のメモウィンドウには，ダイヤグラムを描くためのツールが準備されていない．手書きでは，自由にダイヤグラムを描けるが，キーボードではテキストしか入力できないので，比較という点では妥当ではないと報告された．そのため，キーボードのメモウィンドウにも，ダイヤグラムを描くためのツールを準備しなければならないということが分かった．

3.5.3 予備実験の結論

5 名の被験者による予備実験を行い，実験の観察とインタビューより，実験の手順，使用した UI，実験試料などに以下のような問題点が明らかになった．

1. 文を書き写す際に，手書きの場合漢字が多くなるとストローク数も多くなり，時間がかかってしまう．そのため，漢字，ひらがな，カタカナ，数字，記号の比率に注意が必要である．
2. どれぐらい丁寧に書く必要があるかは，手書きの書く時間に影響するため，実験前に指示する必要がある．
3. 同音異義語選択操作の問題点を十分に分析できるように，タスク中に Microsoft IME 2002 漢字変換機能の学習ツールを無効にしなければならない．
4. 文を記憶する際に，内容が一般常識または得意な分野であれば，覚えやすい，または内容が既に記憶されている恐れがあるので，妥当な結果が得られない．提示文の分野の選択に注意が必要である．
5. キーボード入力の場合，手書きの場合とは異なって被験者はほとんどメディアウィンドウを見ていない．妥当な結果を得るために，質問は音声情報のみならず，映像情報からも出題すべきである．
6. 極端に難しいまたはやさしい問題は評価に影響するので，このような問題は出題しないように注意すべきである．
7. ペンでスクロールバーを操作するのは困難であるため，手書きのメモウィンドウには，ページボタンのような柔軟性のあるページ操作方法を提供する必要がある．
8. 手書きと平等に比較するためには，キーボードのメモウィンドウにも，ダイヤグラムを描くためのツールを準備しなければならない．

3.6 比較実験について

本実験では，日本語メモ書きにおける手書き入力の有効性を定量的に明らかにするために，3.4 節に述べたように 4 つのタスクを設け，実験を行った．具体的な実験手順，及び予備実験の結果から改善された項目についての詳細は，以下に述べる．

3.6.1 具体的な実験手法

実験は被験者が集中できるように，静かな部屋で行われた．タスク 4 を除いて，それぞれのタスクは 2 回ずつ行う. タスク 4 は 3 回行われた. それぞれのタスクは, 手書き入力，及びキーボード入力，2 つのサブタスクで構成された．

実験を行う前に，実験用の UI に慣れてもらうために，十分な練習時間を設ける．学習効果の影響を除くために, 各タスクのキーボードと手書きの順番をランダムに変化させる．また，予備実験の分析から，実験前の指示は非常に重要であることが分かったため，以下の項目に注意を払い，指示を行った．

- 手書きの場合，入力速度はどれぐらい丁寧に書くかに依存するので，指示を出すときにメモ書きの特徴である「きれいに書かなくても良い」と，「清書しなくてもよい」を被験者に伝えた．しかし，手書きの実験結果は入力された文書が読めるかどうかに左右されるので，被験者自身が読める範囲で入力するように指示した．
- 手書きの場合，漢字を忘れたときに書けないので，ひらがななどで入力しても良いと指示した．しかし，妥当性のある結果を得るために，キーボードにも同じような自由さ（仮名漢字変換しなくても良い）を与えた．

具体的には，実際に実験前に行われた各タスクの指示は，以下にまとめた．被験者が支持の内容をきちんと理解してもらうために，以下の指示文を被験者に見せて内容を読み上げ，最後に理解できたかどうかを口頭で確認した．

＜タスク 1 の実験前の指示＞

キーボード入力の場合：

> “Reference Window に表示された「提示文」を見ながら，できる限り速く Task Window に同じ文をキーボードで入力してください．入力時間の制限がないので，入力し終えたら，自分の意思で次の文に進んでください．”

手書き入力の場合：

> “Reference Window に表示された「提示文」を見ながら，できる限り速く Task Window に同じ文を手書きで入力してください．消しゴム機能がな

いので，間違って書いた場合，それが分かるように二重線などを書いてください．きれいに清書する必要はありません．メモを取るように，あなたが読める程度で書いてください．最後に，入力時間の制限がないので，入力し終えたら，自分の意思で次の文に進んでください．”

＜タスク 2 の実験前の指示＞

キーボード入力の場合：

“Reference Window に「提示文」が５秒表示されます．文を記憶してください．５秒後，提示文が非表示になった後，Task Window にできるだけ提示文の内容と同等のものをキーボードで入力してください. 提示文に書いてあるカタカナ，漢字などをできるだけ同じように入力してもらいたいが，強制ではありません．また，本タスクでは入力速度を評価しないので，入力し終えたら，自分の判断で次の文に進んでください．最後に，実験終了の 2 時間後に記憶テストを行うので, できる限り記憶した文を忘れないでください．”

手書き入力の場合：

“Reference Window に「提示文」が５秒表示されます．文を記憶してください．５秒後，提示文が非表示になった後，Task Window にできるだけ提示文の内容と同等のものを手書きで入力してください. 提示文に書いてあるカタカナ, 漢字などをできるだけ同じように入力してもらいたいが，漢字が書けないときにひらがなで入力してください．消しゴム機能がないので，間違って書いた場合, それが分かるように二重線などを書いてください．きれいに清書する必要はありません．メモを取るように，あなたが読める程度で書いてください．また，本タスクでは入力速度を評価しないので，入力し終えたら，自分の判断で次の文に進んでください．最後に，実験終了の 2 時間後に記憶テストを行うので, できる限り記憶した文を忘れないでください．”

＜タスク 3 の実験前の指示＞

キーボード入力の場合：

“音声を聞きながら，Note Window にマウスとキーボードでメモを取ってください．音声は 1 回だけ再生されます．その後，音声の内容に関する問題を出しますので，メモを見ながら答えてください．”

手書き入力の場合：

“音声を聞きながら，Note Window に手書きでメモを取ってください．音声は 1 回だけ再生されます．消しゴム機能がないので，間違って書いた場合，それが分かるように二重線などを書いてください．きれいに清書する必要はありません．あなたが読める程度で書いてください．その後，音声の内容に関する問題を出しますので，メモを見ながら答えてください．”

＜タスク 4 の実験前の指示＞

キーボード入力の場合：

“Media Window で表示するビデオを見ながら，Note Window にマウスとキーボードでメモを取ってください．ビデオは 1 回だけ再生されます．その後，ビデオの内容に関する問題を出しますので，メモを見ながら答えてください．”

手書き入力の場合：

“Media Window で表示するビデオを見ながら，Note Window に手書きでメモを取ってください．ビデオは 1 回だけ再生されます．消しゴム機能がないので，間違って書いた場合，それが分かるように二重線などを書いてください．きれいに清書する必要はありません．あなたが読める程度で書いてください．その後，ビデオの内容に関する問題を出しますので，メモを見ながら答えてください．”

最後に，タスク 3 と 4 では，被験者がどのような内容に注目し，メモを取らなければならないかを予め予測できるように，出題する問題のサンプルを実験前に見てもらった．これにより，偏った結果を抑えることができる．

3.6.2 実験環境及び改善点について

予備実験の結果より，タスク 1 及びタスク 2 で使用した UI に関しては，問題がなかったという結果が得られたため，本実験では予備実験と同様のものを使用した（図 3.3 と 3.4）．しかし，タスク 3 及びタスク 4 の UI に関しては，いくつか問題があるという結果が得られたため，改善を行った．具体的な内容は，以下に述べる．

- 手書き入力の場合，ペンでスクロールバーを操作するのは困難であるため，手書きの Note Window には，柔軟性のあるページビューの方が最適であることが分かった．そこで，予め 4 つのページを準備し，それぞれのページを表示させるためには，スクロールバーではなく，図 3.11 に示すように UI の下部にある 4 つのボタンでページ切

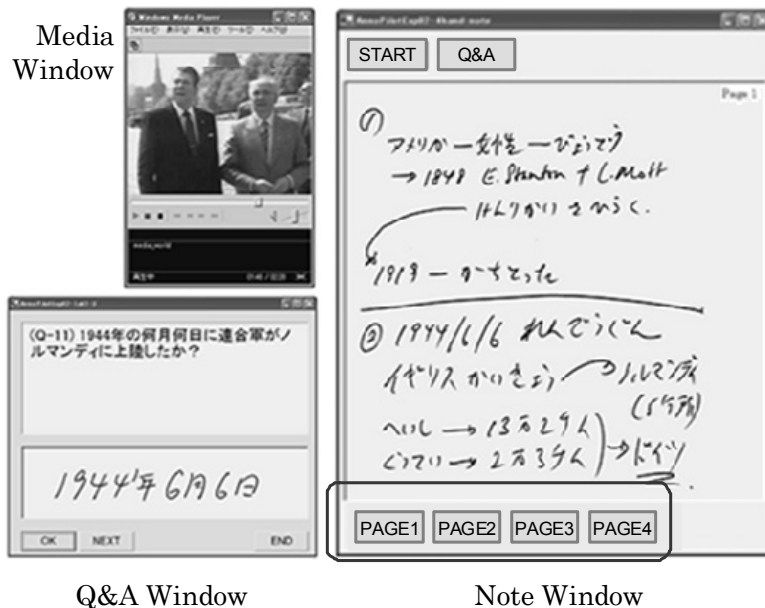



図 3.11　改善されたタスク 3 と 4 の UI
（手書き入力：スクリーン上の配置と同様）

り替えを行う（ペンでタップすることにより，選択されたページが表示される）．ページ操作ボタンを UI の下部に置いた理由は，まず，ページの下の部分まで入力されたら，素早く次のページに移動できるように，距離の近い UI の下の部分にボタンを置いた．次に，問題を解く際に，メモを参照しながら行うため，メモが手で隠れないようにボタンを UI の下の部分に置いた．

- もう一つの問題点は，キーボードの Note Window にダイヤグラムを描くためのツールがないことであった．そのため，図 3.12 に示されるように，一般的によく使われているダイヤグラムツール（箱，楕円，矢印，括弧など）を Note Window の上部に提供した．

入力デバイスとしては, タスク 1 及び 2 では Sharp 社製のタブレット PC（Muramasa，12.1 インチ，解像度 1024×768 ）を採用した．被験者はタブレット PC と一体型になっているキーボードを用いて入力し，手書き入力の場合は直接タブレット PC の画面上に付属のペンを用いてメモを入力した. タスク 3 及び 4 に関しては, 3 つのウィンドウ（Media，Q&A，及び Note Window）が同時に表示できるように，解像度の大きい Wacom 社製の液晶ペンタブレット（Cintiq 1800，18 インチ，解像度 1280×1024）を採用した．被験者はキーボードでメモを入力する場合，液晶ペンタブレットを単にディスプレイとして使用し，パソコンの標準 QWERTY 配列キーボード及びマウスでメモを入力した．一方，手書きの場合は，直接液晶ペンタブレット上に付属のペンを用いてメモを入力した．本実験では，被験者全員が同じ条件になるように，全員が同じ実験機器を使用するようにした．

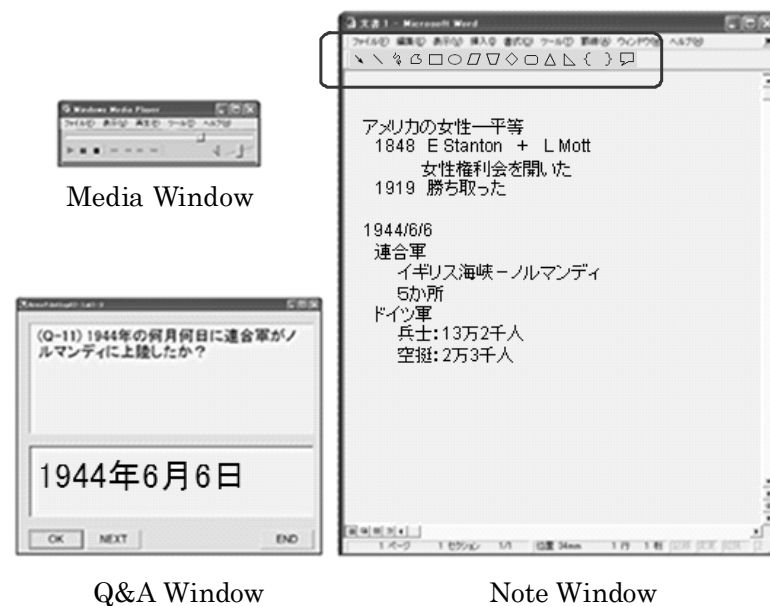



図 3.12　改善されたタスク 3 と 4 の UI
（キーボード入力：スクリーン上の配置と同様）

また，キーボードによる日本語入力には，ローマ字入力方式及びカナ入力方式がある．被験者が使い慣れない方式を強制的に使わせると，入力速度に関する評価に影響があると考えられる．そのため，本実験では被験者が使い慣れた方に自由に選べるようにした．

更に，入力ミスが生じたときに用いた訂正方法についても入力速度の評価などを影響する可能性があると考えられる．キーボードによる入力ミスの訂正方法に関しては，被験者に任せ，使い慣れた方法で訂正を行うように指示した．例えば，Delete キーや Backspace キーを利用したり，矢印キーやマウスを使ってカーソルを移動したりする方法がある．但し，入力文章が短いタスク 1 及び 2 では，カーソル移動時のマウス使用はデバイスの切り替えに時間がかかるため，マウスを使用しなかった．一方，長い文書入力となるタスク 3 及び 4 では，効率性を考え，マウスの使用が許可される．手書き入力による訂正方法に関しては，次のように設定した．紙とペンを用いてメモする際には，素早く記録できるように訂正に消しゴムや修正ペンなどは使わずに，線を引いたり，近くに書き足したりするのが基本的なやり方である．本実験も，同様に手書き入力の UI には消しゴム機能を提供せず，入力ミスが生じた場合同じ方法で訂正をするように指示した．訂正方法に関しては，実験前に指示をし，練習時間にも実行してもらった．

最後に，日本語仮名漢字変換システムに関しては，Microsoft IME 2002 を用いた．被験者全員に同じ変換候補が提示されるように設定しないと，被験者間の結果の偏りが生じる可能性があるため，本実験では実験中に仮名漢字変換の学習ツールを無効にした．

3.6.3 実験試料及び改善点について

3.6.3.1 タスク 1 と 2 の提示文

予備実験の分析から，タスク 1 と 2 で用いる提示文には，以下のような注意点があると分かった．

- 問題 1： 手書きの場合，提示文内の漢字の割合が入力時間に大きく影響する．
- 問題 2： 一方，キーボード入力の場合，英数字や記号の割合が入力速度に大きく影響する可能性もある．
- 問題 3： 一般的に手書きでメモを取る際に，複雑な漢字や画数の多い漢字をひらがなで入力することが多いため，複雑な漢字が提示文内に多く含まれると，手書きとキーボードを平等に比較できないと考えられる．
- 問題 4： 記憶するための提示文は，一般常識や被験者が得意とする分野から選択すると，認知的負荷が小さくなり，妥当な結果が得られない可能性がある．

問題 1 に関しては，タスク 1 と 2 の提示文を作成するためには，妥当だと思われる漢字の割合を先に決定しなければならない．ここで利用できるガイドラインとして，2 つあると考えられる．一つ目は，新聞や雑誌などのメディアや辞書の用例に含まれる漢字の割合に注目した．最近の国立国語研究所などの調査では，最近の各種メディアで使用される日本語表記における漢字の割合が明らかにされている[広奥 2003]．この調査によると，漢字の割合は表 3.3 の通りである．また，国立教育研究所の調査では，日本語教育辞典の用例に漢字含有率は 24%程度である．更に，読みやすさの観点からも，文書内の漢字含有率は 30%程度と言われる．

二つ目のガイドラインとして，情報処理関係の日本語入力検定に注目した．代表的な試験として，日本情報処理検定協会が行われる日本語ワープロ検定試験[ワープロ検定]をあげることができる．この試験についての入力レベル，基準となる問題の漢字の割合，及び合格文字数を表 3.4 にまとめる．

以上のガイドラインから，次のことが言える．一つ目のガイドラインからは，最近のメディアや辞典などに含まれる漢字の割合は 25%～50%程度であることが分かった．メディアや辞典などは，読みやすいという基準が非常に重要であるため，このような漢字の割合になったと考えられる．なぜならば，漢字が多すぎても，少なすぎても文書が読みにくくなるからである．しかし，タスク 1 及び 2 で使用する文は短く（30 文字程度）読みやすさよりどれぐらい速く入力できるかに関するパラメータが重要になるため，タスク 1 と 2 の提示文の漢字含有率基準は一つ目のガイドラインより，入力速度を重要視している日本語ワープロ検定試験のガイドラインの方が，適切だと考えられる．

表 3.3　各種メディアに含まれる漢字の割合

メディア	朝日新聞	雑誌（70 種）	テレビ
漢字の割合	48%	35%	50%

表 3.4　日本語ワープロ検定試験の入力速度問題の基準

級	問題の漢字含有率	合格文字数／10 分
4 級	23%～26%	200 文字以上
3 級		300 文字以上
準 2 級	25%～30%	400 文字以上
2 級		500 文字以上
準 1 級	25%～35%	600 文字以上
1 級		700 文字以上

問題 2 に関しては，英数字及び記号の割合を設定するためには，以下の方法をとった．朝日新聞のデータベースからランダムに政治や経済，環境問題などに関する 9 記事（600 文字程度）を 3 人の被験者に分けて読んだ上で，それぞれ重要な箇所に下線してもらい，その中の英数字・記号の割合を分析した．メモをとるという行為は，その人にとって重要な部分を残すことであるため，今回も同様に記憶に残したい重要な部分を抽出し，その中の英数字・記号の割合を分析した．その結果，選択された重要箇所の中から，英数字・記号の割合は平均 14.1%（最小 9.3%，最大 26%，メディアン 13%）があるということが分かった．そのため，本実験ではこの結果に基づき，タスク 1 及び 2 の各セットの提示文に 10%－15%程度の英数字・記号が含まれるよう設定した．

問題 3 に関しては，漢字の画数に関しては，一般的に手書きでメモを取る際に，文書作成時の文字入力と違って複雑な漢字をひらがなで入力することが多い．そのため，複雑な漢字が提示文内に多く含まれると，手書きとキーボードを平等に比較できないと考えられる．そのため，できる限り教育漢字以外の漢字を使わないようにしなければならない．教育漢字とは，小学校の 6 年間で教えるべき漢字であり，1989 年の改訂を経て，現在は 1006 字が存在する．一般的に，教育漢字は常用漢字（1945 字が存在する）の中でも最も高い使用頻度と思われる．図 3.13 は教育漢字のリストである．

最後に，問題 4 に関しては，被験者全員は情報系の大学院生であるため，提示文は情報処理の分野から選択しないように注意した．

愛 悪 圧 安 暗 案 以 位 囲 委 意 易 異 移 胃 衣 遺 医 域 育 一 印 員 因
引 飲 院 右 宇 羽 雨 運 雲 営 映 栄 永 泳 英 衛 液 益 駅 円 園 延 沿
演 遠 塩 央 往 応 横 王 黄 億 屋 恩 温 音 下 化 仮 何 価 加 可 夏 家 科
果 歌 河 火 花 荷 課 貨 過 我 画 芽 賀 会 解 回 快 改 械 海 灰 界 絵
開 階 貝 外 害 街 各 拡 格 確 覚 角 閣 革 学 楽 額 割 活 株 寒 刊 巻 完
官 干 幹 感 慣 漢 看 管 簡 観 間 関 館 丸 岸 眼 岩 顔 願 危 喜 器 基
寄 希 揮 机 旗 期 機 帰 気 汽 季 紀 規 記 貴 起 技 疑 義 議 客 逆 久 休
吸 宮 弓 急 救 求 泣 球 究 級 給 旧 牛 去 居 挙 許 漁 魚 京 供 競 共
協 境 強 教 橋 胸 興 郷 鏡 業 局 曲 極 玉 勤 均 禁 筋 近 金 銀 九 句 区
苦 具 空 君 訓 群 軍 郡 係 兄 型 形 径 敬 景 系 経 計 警 軽 芸 劇 激
欠 決 潔 穴 結 血 月 件 健 券 建 憲 検 権 犬 研 絹 県 見 険 験 元 原 厳
減 源 現 言 限 個 古 呼 固 己 庫 戸 故 湖 五 午 後 語 誤 護 交 候 光
公 功 効 厚 口 向 后 好 孝 工 幸 広 康 校 構 港 皇 紅 耕 考 航 行 講 鉱
鋼 降 高 号 合 刻 告 国 穀 黒 骨 今 困 根 混 左 差 査 砂 座 再 最 妻
才 採 済 災 祭 細 菜 裁 際 在 材 罪 財 坂 作 昨 策 桜 冊 刷 察 札 殺 雑
皿 三 参 山 散 産 算 蚕 賛 酸 残 仕 使 司 史 四 士 始 姉 姿 子 市 師
志 思 指 支 枝 止 死 氏 私 糸 紙 至 視 詞 詩 試 誌 資 飼 歯 事 似 児 字
寺 持 時 次 治 磁 示 耳 自 辞 式 識 七 失 室 質 実 舎 写 射 捨 社 者
謝 車 借 尺 若 弱 主 取 守 手 種 酒 首 受 授 樹 収 周 宗 就 州 修 拾 秋
終 習 衆 週 集 住 十 従 縦 重 宿 祝 縮 熟 出 術 述 春 準 純 順 処 初
所 暑 署 書 諸 助 女 序 除 傷 勝 商 唱 将 小 少 承 招 昭 松 消 焼 照 省
章 笑 証 象 賞 障 上 乗 城 場 常 情 条 状 蒸 植 織 職 色 食 信 心 新
森 深 申 真 神 臣 親 身 進 針 人 仁 図 垂 推 水 数 寸 世 制 勢 性 成 政
整 星 晴 正 清 生 盛 精 聖 声 製 西 誠 青 静 税 席 昔 石 積 績 責 赤
切 接 折 設 節 説 雪 絶 舌 先 千 宣 専 川 戦 泉 浅 洗 染 線 船 選 銭 前
善 然 全 祖 素 組 創 倉 奏 層 想 操 早 巣 争 相 窓 総 草 装 走 送 像
増 臓 蔵 造 側 則 息 束 測 足 速 属 族 続 卒 存 孫 尊 損 村 他 多 太 打
体 対 帯 待 態 貸 退 隊 代 台 大 第 題 宅 達 谷 単 担 探 炭 短 誕 団
断 暖 段 男 談 値 知 地 池 置 築 竹 茶 着 中 仲 宙 忠 昼 柱 注 虫 著 貯
丁 兆 帳 庁 張 朝 潮 町 腸 調 長 頂 鳥 直 賃 追 痛 通 低 停 定 底 庭
弟 提 程 敵 的 笛 適 鉄 典 天 展 店 転 点 伝 田 電 徒 登 都 努 度 土 党
冬 刀 島 投 東 湯 灯 当 等 答 糖 統 討 豆 頭 働 動 同 堂 導 童 道 銅
得 徳 特 毒 独 読 届 内 南 難 二 肉 日 乳 入 任 認 熱 年 念 燃 納 能 脳
農 波 派 破 馬 俳 拝 敗 背 肺 配 倍 梅 買 売 博 白 麦 箱 畑 八 発 判
半 反 板 版 犯 班 飯 晩 番 否 悲 批 比 皮 秘 肥 費 非 飛 備 美 鼻 必 筆
百 俵 標 氷 票 表 評 病 秒 品 貧 不 付 夫 婦 富 布 府 父 負 武 部 風
副 復 服 福 腹 複 仏 物 分 奮 粉 文 聞 兵 平 並 閉 陛 米 別 変 片 編 辺
返 便 勉 弁 保 歩 補 墓 暮 母 包 報 宝 放 方 法 訪 豊 亡 忘 暴 望 棒
貿 防 北 牧 本 妹 枚 毎 幕 末 万 満 味 未 密 脈 民 務 夢 無 名 命 明 盟
迷 鳴 綿 面 模 毛 木 目 問 門 夜 野 矢 役 約 薬 訳 油 輸 優 勇 友 有
由 遊 郵 夕 予 余 預 幼 容 曜 様 洋 用 羊 葉 要 陽 養 欲 浴 翌 来 落 乱
卵 覧 利 理 裏 里 陸 律 率 立 略 流 留 旅 両 料 良 量 領 力 緑 林 臨
輪 類 令 例 冷 礼 歴 列 練 連 路 労 朗 老 六 録 論 和 話

図 3.13　教育漢字リスト（1006 個）

そこで，タスク 1，及びタスク 2 の実験試料（提示文）は，日々内容が変わるという特徴を持つ新聞から抽出したものを採用した．タスク 1 と 2 を合わせて，全部で 240 文（文の長さ 10 文字：80 文；20 文字：80 文；30 文字：80 文）を朝日新聞のデータベース[朝日新聞]から選択した. 漢字と英数字の割合が均等になるようにランダムに 8 セットに分けた. また, タスク 1 及び 2 では, 思い浮かんだアイディアは断片的で短いものが多いため, これと同じように文章として再現する場合は, 10～30 文字程度の短いものが妥当だと考え, 本実験の試料として採用した．表 3.5 は選択した提示文の詳細を示し，図 3.14 はタスク 1 の実験試料の例を示す.

表 3.5　タスク 1 と 2 の実験試料（文の数と特徴）

	10 文字	20 文字	30 文字
出典	朝日新聞のデータベース		
文の数	80 文	80 文	80 文
平均文字数	12.6 文字	20.5 文字	28.6 文字
漢字の割合の平均	26.8%	27.2%	27.8%
英数字の割合	12.3%	14.8%	15.0%

1. ベネラ 16 号を金星におくる
2. ミューゼス A は直径 1.4 メートル，高さ 0.8 メートルの円筒形
3. ルイシコフ首相は候補になることを辞退した
4. 16 万円する通し券と，2 番，8 番のチケットは夏前に完売
5. スイスの面積は 4 万平方ｋｍ
6. 音は空気中に 330m／ｓｅｃの速さですすむ
7. 回収率 76.3%だった
8. トータル 275 島のうち，名のない島が 90
9. インダス文字は全部で 400 字ほどある
10. ＵＳＴＲは 4 月末に包括貿易法スーパー301 条を決める

図 3.14.　タスク 1 の実験試料の例

最後に，タスク 2 の記憶問題に関しては，選択問題と引っかけ問題（再認問題），及び穴埋め問題の 3 種類の問題に分けて作成した．それぞれの種類に 20 問を用意し，合計 60 問を作成した．選択問題に関しては，タスク 2 で使用した提示文以外のものは，同じく朝日新聞のデータベースからランダムに抽出したものを使用した．表 3.6 に各種の問題の例を示す．

表 3.6　タスク 2 の記憶問題の例

種類	問題の例	
選択問題	問題： タスク 2 に表示された文を選択してください．	A）１光年は約９兆５千億ｋｍ B）日本には１０８の活火山がある C）宇宙の大きさは約１４０億光年 D）北京は３千年の歴史をもつ
引っかけ問題		A）スペインの面積は日本の約 1.7 倍である． B）フランスの面積は日本の約 1.5 倍である． C）スペインの面積は日本の約 1.5 倍である． D）フランスの面積は日本の約 1.7 倍である．
穴埋め問題	問題：１尺玉の花火は３３０～（　　　）ほどあがる A）３４０ｍ　；　B）３５０ｍ C）３６０ｍ　；　D）３７０ｍ	

3.6.3.2　タスク 3 の音声試料

物書きの材料として収集するために，複数の関係者に直接インタビューを行い，重要，及び関係のある情報を収集するのはよく行われる作業である．しかし，このような状況を録音した音声試料がほとんどないことは問題である．そこで，同じような状況を再現するために，ニュースのフォーラムに注目した．ここではニュースキャスターがある話題に対する意見を数人の専門家に聞く．この状況は，複数の関係者に直接インタビューを行い，重要な情報を収集する状況に非常に似ているため，一つ目の音声試料は，ニュースのフォーラムを採用した．採用されたニュースフォーラムの内容は，日本の少子化についての話題であり，少子化の現状や解決方法，更に日本経済との関係についてニュースキャスターと 3 人の専門家が話し合いをしている．この話題について二日間で報道されたテレビニュースから音声だけを抽出し，音声試料を 2 セット作成した．それぞれの音声試料の長さは約 4 分である．

もう一つの試料は，一般ニュースを採用した．記者の取材によって明らかになったことを聴取者に伝えるので，重要な内容をどれぐらいメモが取れるかを定量的に分析することは重要だと思われるからである．そこで，音声試料 1 と同様，テレビニュースから日本と米国の経済問題，及び最新発明品（テレビ東京のワールドビジネスサテライト—トレンドたまご）のコンテンツから，3 分程度の音声試料を 2 セット抽出した．

問題集作成に関しては，予備実験から分かったように，極端に難しい問題や簡単な問題を作成しないように注意しなければならない. また, 出題順番は音声試料の流れに沿わず, ランダムに出した．音声試料の詳細と問題構成は，表 3.7 に示す．また，問題のサンプルは図 3.15 に示す．

3.6.3.3　タスク 4 のビデオ試料

最近, 動画のようなマルチメディアコンテンツが幅広く使われるようになった. 例えば, 主婦向けの料理番組や，ドキュメンタリのようなマルチメディア教材などがある．それだけでなく，最近では機器の取扱説明書も，動画やアニメーションの方が文書で説明するより分かりやすいという観点から，多くデジタルビデオ化されている．

そこで，上記で述べたマルチメディアコンテンツの例に注目し，1）料理番組，2）ドキュメンタリ，3）マルチメディア化された取扱説明書を実験試料として使用した．料理番組は，日本テレビで放送される「3 分クッキング」のビデオを採用した．ドキュメンタリは，NHK で放送された「映像の世紀—第 1 集　20 世紀の幕開け—」のビデオから抽出した内容を使用した．最後に，マルチメディア化された取扱説明書に関しては，HONDA のバイク（FORZA）の取扱説明書から抽出した内容を採用した．ビデオ試料の詳細と問題構成は，表 3.8 に示す．

表 3.7　タスク 3 の音声試料の構成と問題（4 セット）

	セッション 1：フォーラム	セッション 2：一般ニュース
出典	テレビ東京－WBS（音声のみ使用）	
音声の長さと概念数	長さ：4 分程度／セット 概念数：37／セット	長さ：3 分程度／セット 概念数：35／セット
問題の種類	筆記問題	筆記問題
問題数	12 問／セット	10 問／セット

1. 子育てが難しい理由として最も多かった回答は何ですか？
2. ２００３年には，出生数は年間何百万人ですか？
3. 新エンゼルプラン（新政策）は何年度から何年度までの政策ですか？
4. 日本では，塾や習い事を含めた教育費はいくらぐらいですか？
5. アンケートでは，子供一人に対する育児支援として，５割の人が月に何万円が必要だと答えましたか？
6. 新エンゼルプラン（旧政策）は何年に終わりましたか？
7. 何十年代に第２次ベビーブーム期になりましたか？
8. 一人の女性が産む子供の平均は２００３年に何%以下になりましたか？
9. データでは，子供を生みたいと答える女性は何割ですか？
10. 新エンゼルプラン（旧政策）は主に何を中心に行う政策ですか？
11. 第２次ベビーブーム期の前半には，出生数は年間何百万人でしたか?
12. 経済的な理由による中絶は年間何万人ぐらいいますか？

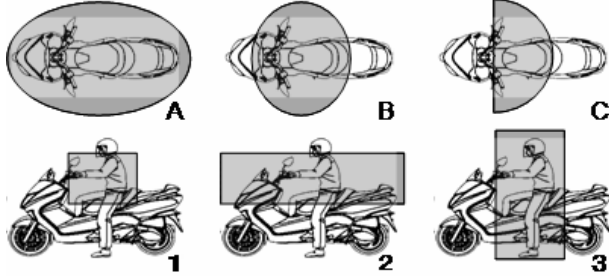



図 3.15　タスク 3 の問題の例（セッション 1：フォーラム）

表 3.8　タスク 4 の音声試料の構成と問題（6 セット）

種類	セッション 1： 料理番組	セッション 2： ドキュメンタリ	セッション 3 取扱説明書
出典	日本テレビー： 3 分クッキング	NHK－映像の世紀： 第 1 集 20 世紀の幕開け	HONDA－FORZA の取扱説明書
ビデオの長さ	長さ:3 分程度／セット 概念数：38／セット	長さ:5 分程度／セット 概念数：35／セット	長さ:3 分程度／セット 概念数：42／セット
映像のサイズ	480px×320px	480px×320px	480px×320px
問題の種類	○×問題 選択問題 筆記問題	筆記問題のみ	○×問題 選択問題 筆記問題
全問題数	10 問／セット	15 問／セット	11 問／セット
総映像問題数	11 問／20 問	17 問／30 問	8 問／22 問

問題作成に関しては，ビデオコンテンツへのメモを妥当に評価するために，問題は音声情報のみならず，映像情報からも出題しなければならないということは予備実験から分かっている．そのため，本実験のタスク 4 の問題では，総 76 問の内，半分程度の問題は映像から出題するように設定した．また，問題のサンプルは表 3.9 に示す．

表 3.9　タスク 4 の問題の例

種類	問題の例
セッション 1： ○×問題（音声）	問題： 鮭は 3 等分に切りました． [○，×： ×の場合，正しい答えを答えてください]
セッション 1： 選択問題（映像）	問題：芋を揚げるときに，油の温度は何度ぐらいですか？ A.100℃　B.120℃　C.150℃　D.170℃
セッション 2： 筆記問題（音声）	問題：ビクトリア女王が死んだとき，彼女は何歳ですか．
セッション 1： 筆記問題（映像）	問題：これは誰の彫像ですか？
セッション 1： ○×問題（音声）	問題：ビデオに出てきた FORZA の種類は“FORZA－X”と“FORZA－Z”である． [○，×： ×の場合，正しい答えを答えてください]
セッション 1： 選択問題（音声）	問題：ＩＤ認証作動可能な範囲を選択してください．[複数回答]

3.6.4 被験者及び計測項目

被験者は，22～30 歳の情報系大学院生 10～15 名である．幅広いキーボード入力能力レベルの被験者から実験データが収集できるように，被験者のキーボード入力能力レベルを問わず，特定研究室の大学院生全員を被験者とした．被験者全員が 1 日当たり最低 4 時間ほどコンピュータを使用するため，一般ユーザよりもキーボード入力能力レベルが高いと推定できる．また，15 人の内 2 人がローマ字入力手法ではなく仮名入力手法を用いて日本語を入力する．

計測項目に関しては, タスク 1 と 2 では, 各文の入力時間を計り, 入力速度を分析する．タスク 2 では，予め実験試料（提示文）から抽出した概念（重要な内容であり，一致した単語ではない）と被験者が入力したメモを比較し，メモの十分さと正確さについて分析する．表 3.10 は，実験試料から抽出した概念の例を示す．最後に，キーボードのキー情報（打ったキー）を記録し，キーボードの問題点などについて分析する．タスク 3 と 4 では，タスクを終了するまでにかかった時間，及び各問題を解く時間を計測し，分析する．次に，取ったメモの内容と予め実験試料から抽出した概念（重要な内容）を比較し，メモの十分さと正確さ，及び問題の正答率について分析する．

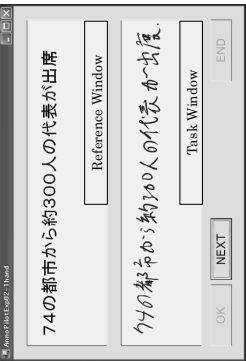



表 3.10　タスク 2 の提示文から抽出した概念の例

1.	提示文	スイスの面積は 4 万平方 km
	概念	スイス，面積，4 万平方 km，4 万 km^2，等
2.	提示文	光の速さは 30 万 km/sec
	概念	光，速さ，速度，30 万 km/sec，30 万 km/s，等

3.6.5 実験内容のまとめ

最後に，本実験の内容について表 3.11 にまとめる．各タスクの内容と回数（手書き，及びキーボードで行ったサブタスクの回数)，参加した被験者の数，及び実験で使われた試料の要約について示した．

表 3.11　実験内容のまとめ

	概要	回数	被験者	実験試料	備考
タスク 1	ランダムに表示された提示文を見ながら，できる限り速く手書きまたはキーボード（2 サブタスク）で同じ文を入力してもらう．	2 回／サブタスク	15 名 [男性 13 名，女性 2 名]	• 4 セット[2 セット／サブタスク] • 10，20，及び 30 文字程度の長さの文，計 30 文 [平均 600 文字／セット]	• 各セットの提示文の中に，漢字の割合を 30%程度，英数字の割合を 15%程度に設定した． • サンプルＵＩ：
タスク 2	一定の表示時間内（5 秒）に提示文がランダムに表示され，それを記憶し，提示文が非表示になってから，手書きまたはキーボード（2 サブタスク）でできる限り提示文と同じように入力してもらう．終了 2 時間後に，記憶テストを行う．	2 回／サブタスク	15 名 [男性 13 名，女性 2 名]	• 4 セット[2 セット／サブタスク] • 10，20，及び 30 文字程度の長さの文，計 30 文 [平均 600 文字／セット]	
タスク 3	音声ファイルを聴取しながら，手書きまたはキーボード（2 サブタスク）でメモを入力し，最後に表示された問題を解く．音声ファイルは 1 度しか聴取できない．	2 回／サブタスク	10 名 [男性 9 名，女性 1 名]	• 4 セットの音声ファイルと問題集[2 セット／サブタスク] • 各セット 3~4 分程度の音声ファイル • 各セット 10－12 問[筆記問題]	• 問題は事実的な内容から出題した． • タスク 4 では音声と映像情報の両方から出題した． • サンプルＵＩ：
タスク 4	ビデオファイルを視聴しながら，手書きまたはキーボード（2 サブタスク）でメモを入力し，最後に表示された問題を解く．ビデオファイルは 1 度しか視聴できない．	3 回／サブタスク	15 名 [男性 13 名，女性 2 名]	• 6 セットのビデオファイルと問題集[3 セット／サブタスク] • 各セット 3~5 分程度のビデオファイル • 各セット 10－15 問 [○×問題・選択問題・筆記問題]	

3.7　比較実験結果の分析と評価

本実験は 4 つのタスクから構成されている．被験者は，キーボード入力能力のレベルを問わず，情報系大学院の特定研究室の M1 と M2 の学生全員とした．それぞれのタスクを終了するまでの時間と各タスクの被験者数は，表 3.12 に示す．また，図 3.16 は各タスクの実験風景の様子である．以下，タスク 1～タスク 4 の分析方法・結果について述べる．

表 3.12　被験者数とタスク時間

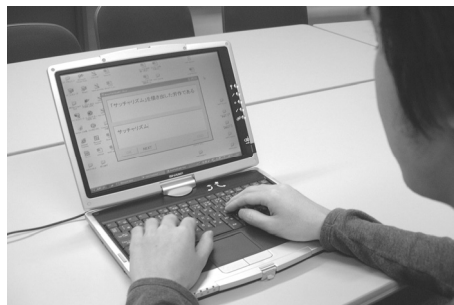
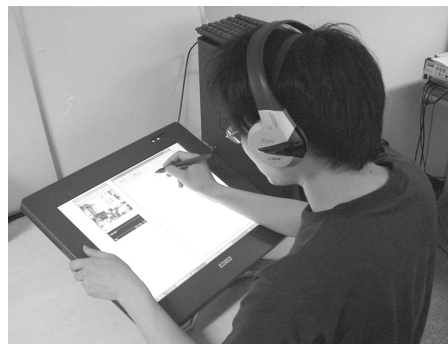
	被験者数	タスクを終了するまでの時間
タスク 1	15 名 （男性 13 名，女性 2 名）	1 時間 30 分
タスク 2	15 名 （男性 13 名，女性 2 名）	1 時間 30 分 [＋2 時間後の記憶テスト]
タスク 3	10 名 （男性 9 名，女性 1 名）	1 時間 15 分
タスク 4	15 名 （男性 13 名，女性 2 名）	2 時間

タスク 1：キーボード

タスク 4：手書き

図 3.16　本番の比較実験の様子

3.7.1 タスク 1 の分析と評価

実験の設計で述べたように, 思い浮かんだアイディアは素早く入力しなければならない. ここでは，手書きの有効性を明らかにするために，まず入力速度について分析を行う．また，入力ミスは入力速度を大きく影響すると考えられるため，最後に入力エラー箇所数について分析した.

3.7.1.1 入力速度に関する分析

タスク 1 では，メモの入力速度を分析するために，まず，各入力文（手書きとキーボード，それぞれ 2 セット，60 文）の入力時間をログし，集計する．その結果，図 3.17 に示すように, 全体的にキーボードの場合は一分間で平均 51.3 文字程度入力できるということが分かった. この入力速度は, 日本語ワープロ検定試験において 2 級と同等の入力速度 (表 3.4 を参照）に相当するものであり，一般ユーザの入力速度（3 級に相当すると言われる）よりも早いということが分かった．それに対し，手書きの場合は，全体的に一分間で入力できる文字数は平均 59.3 文字程度であり, キーボードの入力速度より 13.5%程度速かったということが分かった (図 3.17). t 検定を用いて調べた結果 (各 15 人の平均入力速度で，分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定)，キーボードと手書きの間に有意水準 5%で有意差が認められた（t(14)=-2.405, p <.0.05）．また，図 3.18 は，キーボードの入力速度から手書きの入力速度を引いた値を被験者ごとにまとめたグラフである. 図 3.18 から分かるように，15 人の被験者の内，12 名がキーボードより手書きの方がメモの入力速度が速いということが分かった.

次に, 15 人の被験者が入力した 120 文の平均入力速度について分析した結果を図 3.19 に示す．分析した結果，まず 120 文の内 85（71%）文がキーボード入力より手書きの方が速く入力できたということが分かった．t 検定を用いて調べた結果（各 120 入力文の平均入力速度で，分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定)，キーボードと手書きの間に有意水準 1%で有意差が認められた (t(119)=-6.761, p<.0.001). その後, 各グループ (10, 20，30 文字）の入力速度を分析した結果，図 3.19 に示すように，手書き入力の入力速度は文字数が増加すると共に，入力速度も速くなる傾向が見られた．一方，キーボード入力の入力速度は，文の長さを問わず，一定であることが分かった．この結果より言えることは，手書きでは入力が簡単かつ自然であるため，文字を入力している内に学習を行い，その結果，入力速度がどんどん速くなるに対し，キーボード入力では複雑な入力プロセスが必要なため，学習ができなくなり，一定となる.

以上の結果をまとめると，全体的に手書きの方がキーボードより速く入力できるという結果が得られた．また，手書きではキーボードと異なり，入力しているときに学習を行うことができるため，入力速度がどんどん速くなる傾向が見られた.

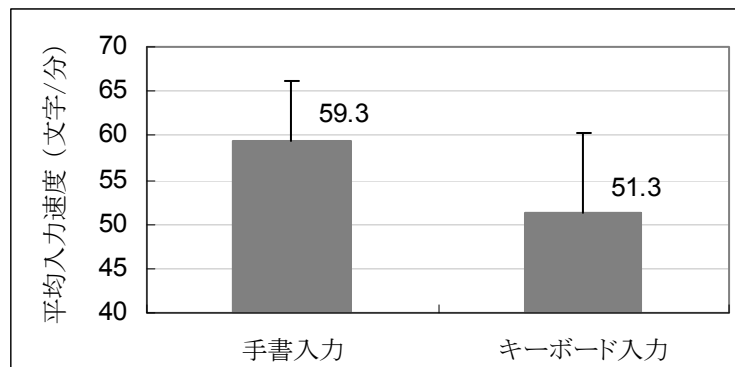



図 3.17　平均入力速度（タスク 1）

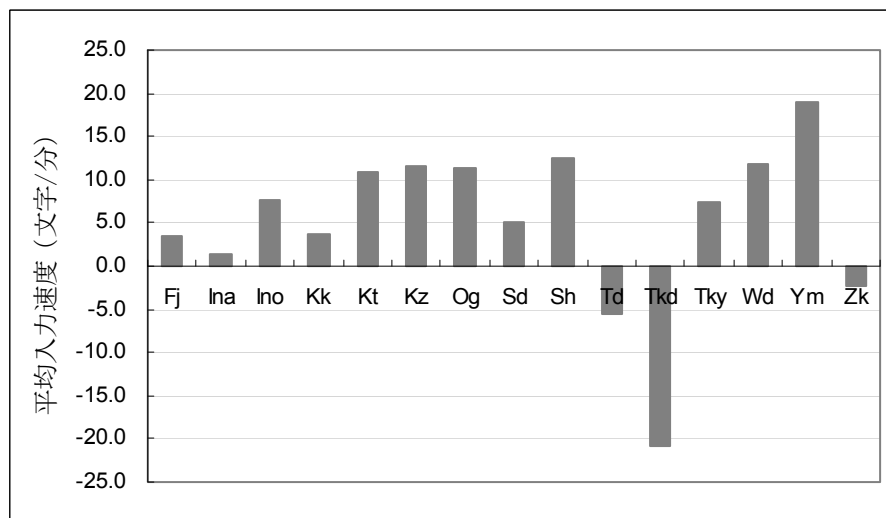



図 3.18　手書きとキーボードの入力速度の差（タスク 1）
[“手書入力速度” − “キーボード入力速度”]

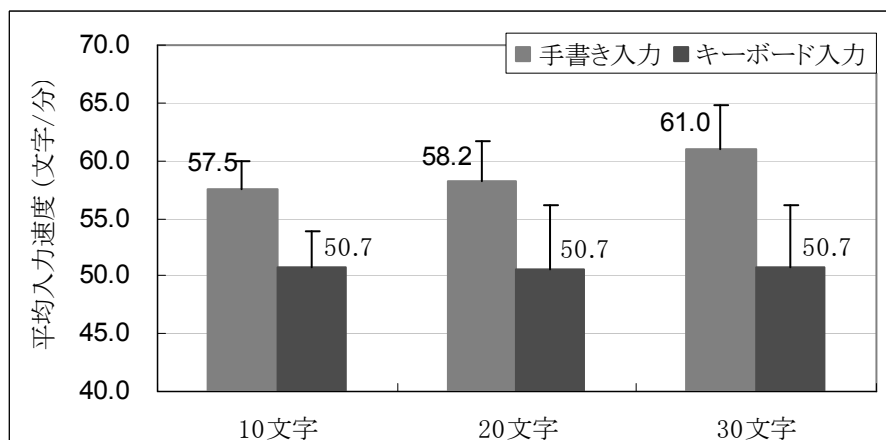



図 3.19　各グループの平均入力速度（タスク 1：10，20，30 文字）

3.7.1.2 入力エラーに関する分析

手書きとキーボードの入力エラー箇所数を分析するために，まず，手書きの入力エラー箇所数を，1）間違って書いた文字をすぐに二重線などで訂正する「削除グループ」，2）間違って書いた文字を後で気付いて二重線などで訂正し，正しい文字をその付近に書く「削除－挿入グループ」，3）書き忘れた文字を後で気付いて挿入する「挿入グループ」，及び 4）間違って書いた文字の上に上書きする「上書きグループ」に分けて，入力エラー箇所数を集計した．図 3.20 に，手書きによる訂正のサンプルを示し，丸く囲んだ部分をそれぞれ 1 箇所として計算した．また，キーボードの場合は，図 3.21 のように訂正キー（Backspace，及び Delete）が押下された箇所を一箇所として集計した．その際に，連続して訂正キーが押下された場合は，1 箇所として計算した（図 3.21）．

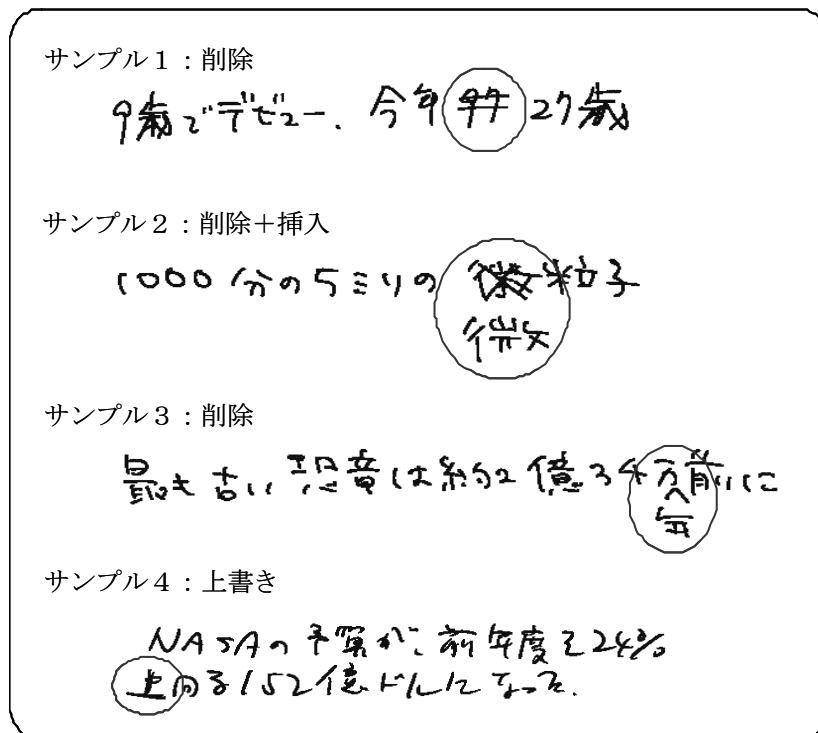



図 3.20　手書きによる訂正の例

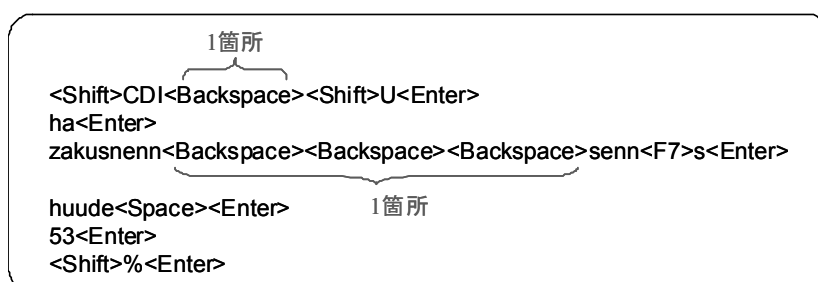



図 3.21　キーボードによる訂正の例

入力エラーの箇所数を分析した結果，キーボード入力によるエラー箇所数は手書き入力よりも 14 倍多いということが分かった．また，タスク 1 の各入力文の長さ（120 文）とその文内の入力エラー箇所数の関係について分析した結果, 図 3.22 に示すように全体的に文の長さを問わず，キーボードの方が手書きより入力エラーが多かったということが分かった．

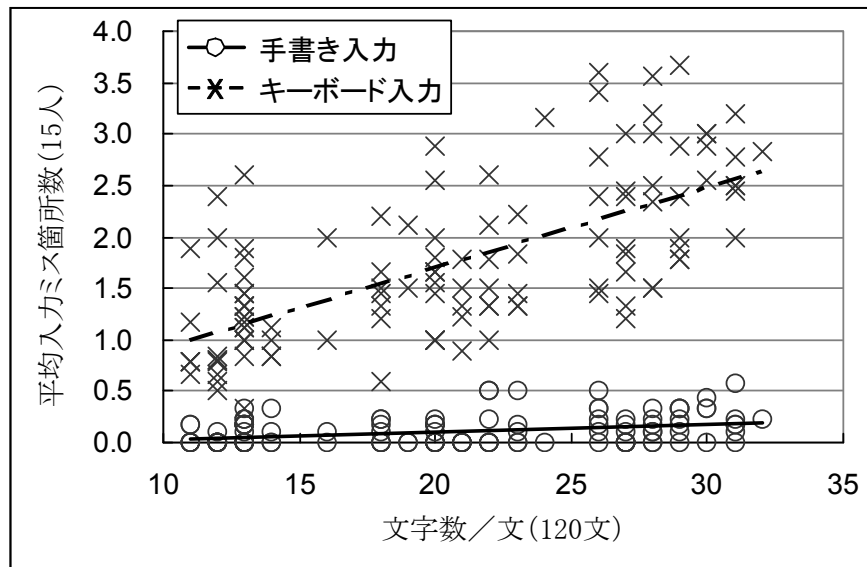



図 3.22　タスク 1 の各入力文の平均入力エラー箇所数
（被験者 15 人×120 文）

このように，キーボードの入力エラー箇所数は手書きよりも多いため，キーボードの入力ミスが入力速度の低下の原因になる可能性があるといえる．また，キーボードの訂正作業は手間がかかるため，認知的負荷の増大にも影響を及ぼす可能性があるといえる．

3.7.1.3　タスク 1 の結論

以上の結果をまとめると，まず，全体的に手書きの方がキーボードより速く入力できるという結果が得られた．また，手書きではキーボードと異なり，手書きで入力しているとき学習が行われ，入力速度は文字数が増加すると共にだんだん速くなる傾向が見られた．最後に，入力エラーに関しては手書き入力と比べたら，キーボードの方が十数倍も多いことが分かった．このように，手書きの方がキーボードより入力効率が高いといえる．

しかし，以上の結果は被験者が正しく入力したかどうかによって評価が左右される．そのため，被験者が手書き，またはキーボードで入力した文を主観的に確認し，評価した結果，全ての被験者が正しく文を入力したことを確認した．また，図 3.23 は良い手書き入力サンプル，及び悪い手書き入力サンプルを示す．このように，手書きで入力した文は，被験者だけでなく，第三者も読める程度に入力したことを確認できたため，結果の分析を行う際に，両サンプルを同じように扱った．

a) 良い手書き入力サンプル

b) 悪い手書き入力サンプル

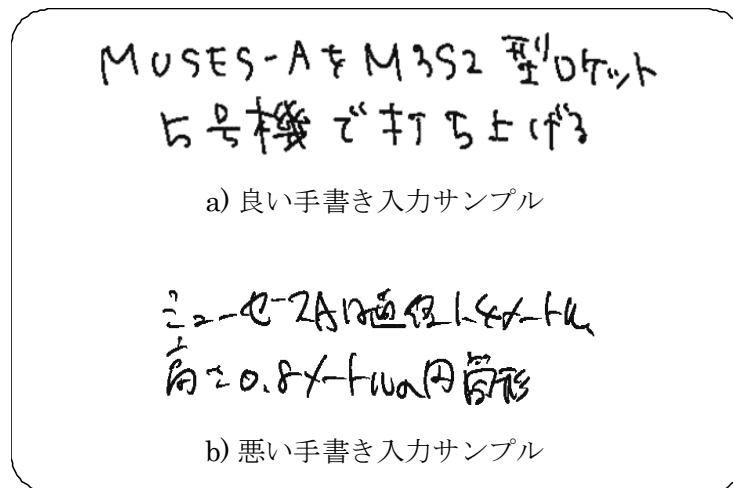



図 3.23　手書き入力のサンプル（タスク 1）

3.7.2 タスク 2 の分析と評価

思い浮かんだアイディアを正確にメモとして入力する作業においては，どれぐらい認知的負荷がかかるかによってメモの評価（正確さ・十分さ）が左右されると考える．そこで，タスク 2 では，キーボード，あるいは手書きでメモを取る際にかかる認知的負荷に注目し，キーボートと手書きを比較して入力された文の正確さ・十分さ，及び認知的負荷の限界を明らかにする．更に，手書きで入力された文がキーボードで入力された文よりも記憶に長く残ることを明らかにするために，タスク 2 の 2 時間後に行われた記憶テストの結果の分析と評価を行う．以下はそれぞれの分析と評価について述べる．

3.7.2.1　入力文の正確さ・十分さに関する分析

タスク 2 では，認知的負荷を分析するために，まず予め提示文の中から抽出した概念（表 3.10 のように，重要な内容であり，一致した単語ではない，合計 285 概念／60 文）と，手書き及びキーボードで入力した文（それぞれ 60 文）の中から抽出した概念を比較し，入力された文の中にどれぐらい提示文の概念が含まれなかったかを集計した．認知的負荷を測るためのパラメータとして，提示文内のキーワードではなく，概念を用いた理由は，次の通りである．例として，「アメリカ」と「米国」と「USA」は，三つとも同じ概念であるため，同じ評価にしなければならないが，キーワードをパラメータとして用いる場合，これらは異なる単語であるため，同じ評価にならない．特に，メモを取る際には，省略した単語などをよく用いるので，妥当な実験結果が得られるように，キーワードよりも概念を用いた方が良いと考えられる．

タスク 2 の入力文の十分さを評価するために，ここでは以下の 3 つの項目について分析を行った．

＜含まれなかった概念数＞

分析した結果, 図 3.24 に示すようにキーボードの方が手書き入力より平均 27.9%程度含まれなかった概念が多いということが分かった．また，正規化（提示文に含まれなかった概念数／出現可能最大概念数）したデータに対して t 検定を行った結果，キーボードと手書きの間に有意水準 1%で有意差が認められた（t(14)=-7.768, p <0.001）．図 3.25.は，タスク 2 で各被験者がキーボードで入力した総文の中に含まれなかった概念数の値から，手書きで入力した総文の中に含まれなかった概念数の値を引いたものを示す．これより，15 人の被験者の内，13 名が手書きよりキーボードの方が含まれなかった概念の数が多く，残り 2 名はキーボードと手書きの評価が同じだったということが分かった．このように，手書きの方が含まれなかった概念数が多いという被験者は一人もいなかったという結果が得られた．

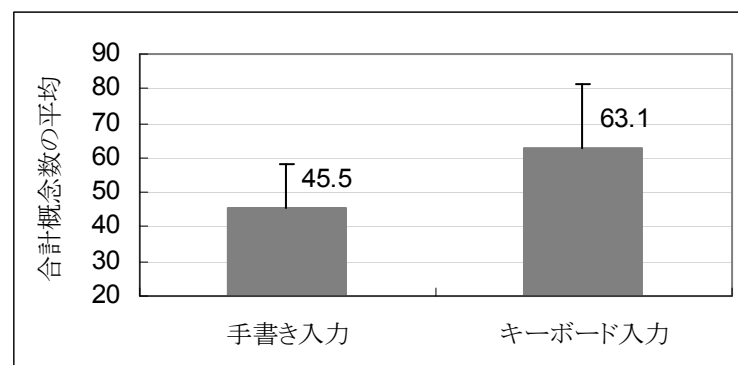



図 3.24　含まれなかった平均概念数（タスク 2：全概念数 285 個）

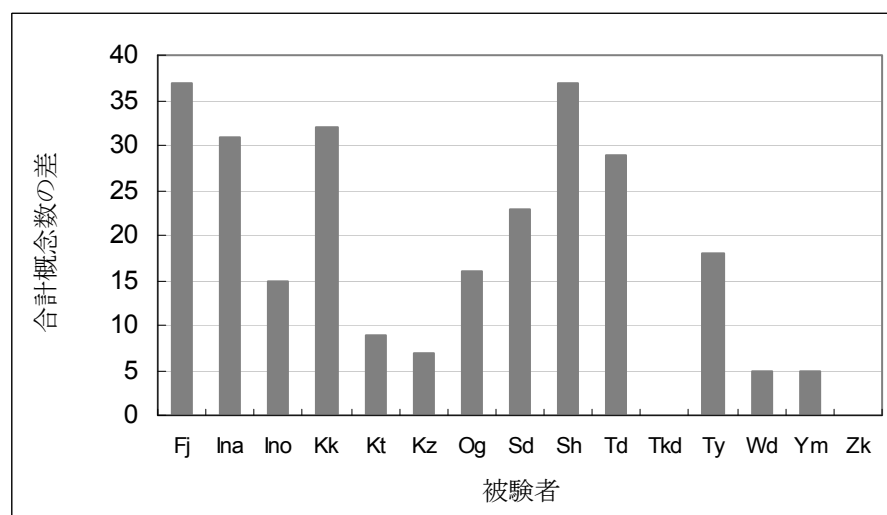



図 3.25　手書きとキーボードにおける含まれなかった概念数の差（タスク 2）
［“キーボード入力の値”－“手書き入力の値”］

＜100%評価（全ての概念が含まれた）文の数＞

次に，100%の評価を取得した文について分析した．ここでは，提示文の中から予め抽出した概念と，手書き及びキーボードで入力した文の中から抽出した概念を比較し，入力した文の中に提示文の概念が全て含まれた文の数が，手書きとキーボードのどちらが多いかを分析した．100%の評価を取得した文の数が，手書きとキーボードのどちらが多いかを分析した結果，図 3.26 に示すように，手書き入力の方がキーボード入力より，100%評価を取得した文の数が平均 5 個程度（全体提示文の 8%）多いということが分かった．t 検定を用いて調べた結果，キーボードと手書きの間に有意水準 1 %で有意差が認められた（$t(14)=4.224$, $p<0.01$）．また，図 3.27 は，キーボードの値から手書きの値を引いたものを被験者ごとにまとめたグラフである．このグラフから分かるように，15 人の被験者の内，12 名が手書きの方が 100%評価の文の数が多かったという結果が得られた．

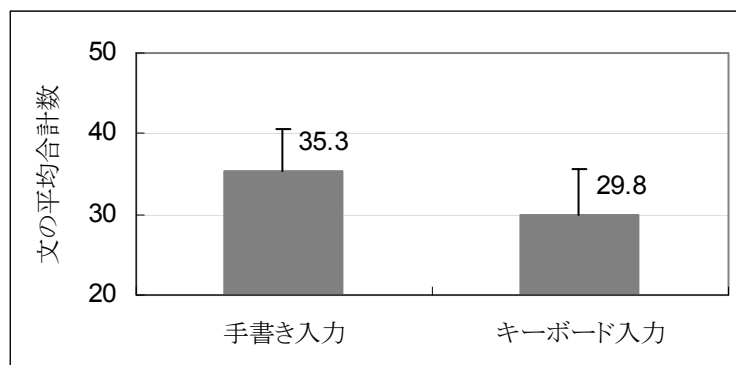



図 3.26　100%評価の文の平均合計数（タスク 2：全入力文数 60 文）

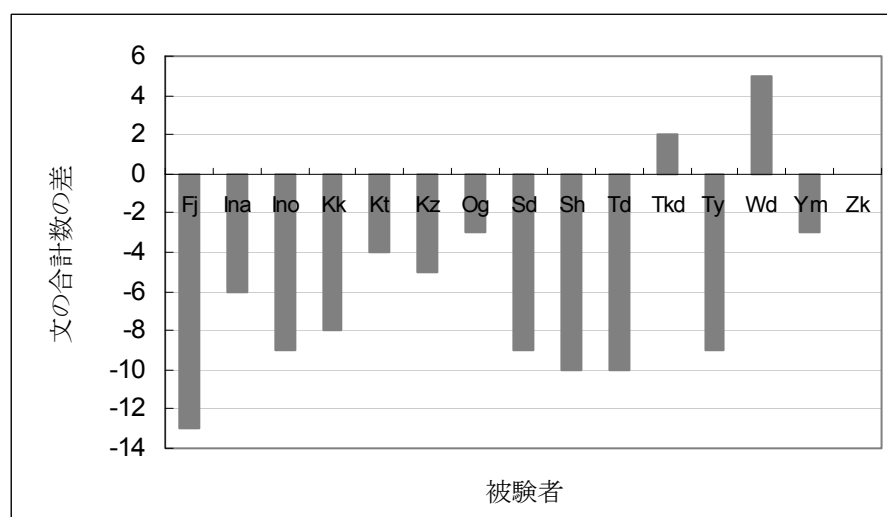



図 3.27　手書きとキーボードにおける 100%評価文の合計数の差（タスク 2）
［“キーボード入力の値”－“手書き入力の値”］

＜50%以下評価の文の数＞

3 番目の評価項目は，悪い評価の文（提示文の概念が半分以下しか含まれなかった入力文）の数を分析し，手書きとキーボードでどちらが多いかを明らかにする．分析した結果，図 3.28 に示すように，手書き入力の方がキーボード入力より，悪い評価となった文の数が 3 文程度（全体提示文の 8%）少ないということが分かった．この差は小さいが，t 検定を用いて調べた結果，キーボードと手書きの間に有意水準 1%で有意差が認められた（$t(14)=-5.285$，$p<0.001$）．また，15 人の被験者の内，手書きのほうがキーボードより悪い評価となった文の数が多かったのは 2 名のみであり，9 名がキーボードの方が多かったという結果が得られた．

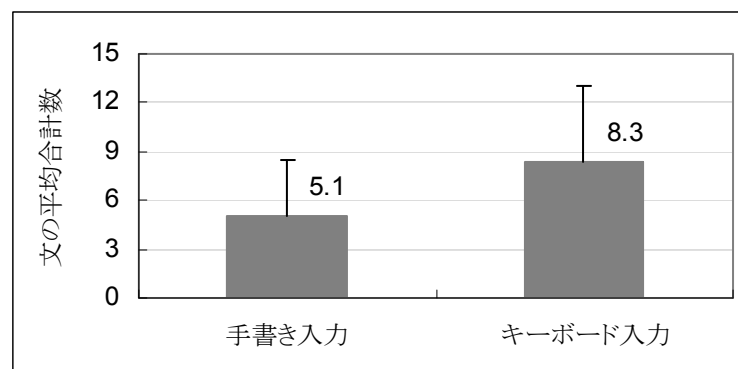



図 3.28　50%評価の文の平均合計数（タスク 2：全入力文数 60 文）

3.7.2.2　認知的負荷の限界に関する分析

認知的負荷の限界をもとめるために，まず 15 人の被験者が入力した 120 文（手書き 60 文，キーボード 60 文）の中に含まれた平均概念数と予め提示文の中から抽出した概念数の関係について分析し，図 3.29 に示す．紺色の三角形は，各提示文から予め抽出した概念数を示す．ピンク色の四角は手書きで入力された文の中に含まれた概念数を示し，緑色のひし形はキーボードで入力された文の中に含まれた概念数を示す．また，紺色の直線，及びピンク・緑色の曲線はそれぞれの点に対応する近似曲線である．

図 3.29 から分かるように，文が長くなるにしたがい，手書き及びキーボードで入力された文の中に含まれた概念数の差が大きくなっていく．キーボードの場合は，25 文字を超えると，入力された概念数と一個前の入力文（より少ない文字数の文）の概念数の差が少なくなり，30 文字を超えると差がほとんど見られず，限界に達したと言える．一方，手書きの場合は 35 文字を超えても，その差がまだ少し増え続けることが確認できた．この結果から，キーボードの方が手書きよりも早く認知的負荷の限界に達したと言える．また，図 3.29 から，入力された文の中に含まれた概念数はキーボードよりも手書きの方が多かった

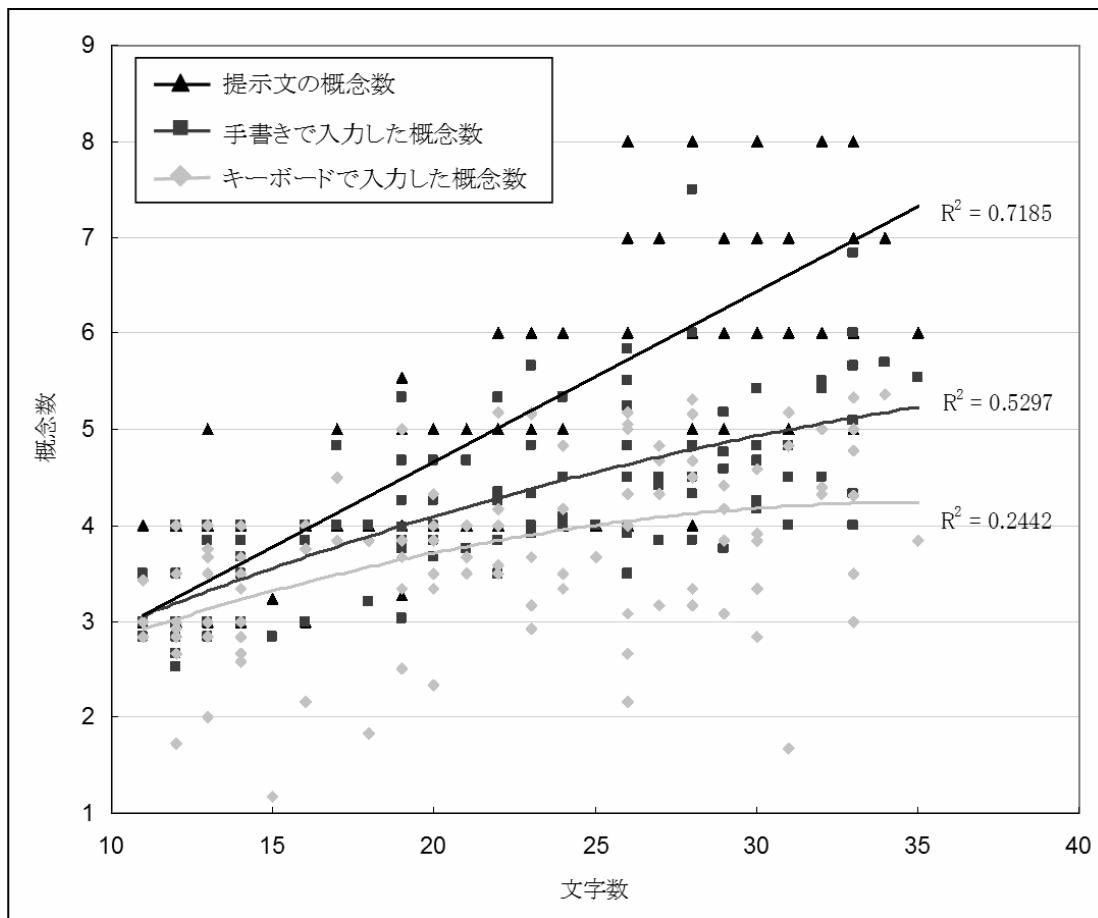



図 3.29　タスク 2 の各提示文の文字数と概念数の関係
（被験者 15 人×120 文）

ということも分かった．更に，キーボードで入力された文の中には，概念数が少なく，評価の悪い文も数多く見られた．

次に，各文におけるキーボードと手書きの間の有意差に着目した．手書き，及びキーボードで入力した各文の分散が等しくないと仮定したときの有意差の値を計算し，図 3.30 のようにグラフを作成した．紺色の曲線はプロットされた点の近似曲線を示すものである．

図 3.30 から分かるように，文字数が少ない場合，キーボードと手書きの間にはあまり差がない．しかし，文字数が多くなり，記憶する概念数も多くなるにしたがい，キーボードと手書きの間の差が大きくなり，27 文字以降になると一定に有意水準 5%で差が認められた．これは，図 3.30 から分かるように，文字数が 30 文字以降になると，キーボードの概念数の変化がほとんどなくなるが，手書きの概念数の変化がまだ続いているからだと考えられる．

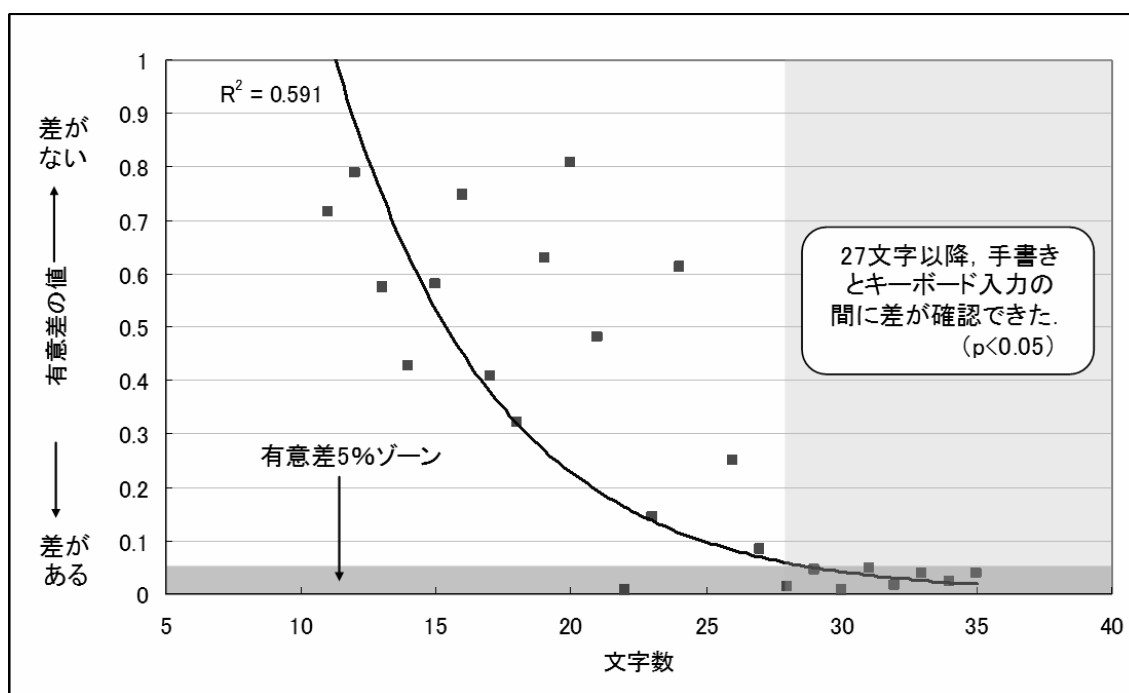



図 3.30　入力された文の文字数と有意差（手書きとキーボードの間）の関係
（タスク 2：被験者 15 人×120 文）

以上の結果から，文の長さが短く，記憶する必要のある概念数が少ない場合には，手書きでメモを取っても，キーボードでメモを取っても，あまり差がないと言える．しかし，実際にメモを取る際には，アイディアや内容がどんどん増えていくので，キーボードの認知的負荷の限界に注意する必要があると考えられる．

3.7.2.3　入力手法と記憶の関係に関する分析

最後に，タスク 2 が行われた 2 時間後の記憶テストについて分析する．キーボードと手書きで入力した文がどれぐらい記憶に残っているかを分析し，明らかにする．問題は 3 つのカテゴリを作成し，それぞれ選択問題 20 問，穴埋め問題 20 問，ひっかけ問題 20 問で，合計 60 問である．

まず，カテゴリを問わず，全体的に分析した結果，図 3.31 に示すように，平均解答エラー数は手書きよりキーボードの方が多いことが分かった．この差は非常に小さいものの，t 検定を用いて調べた結果，キーボードと手書きの間に有意水準 1%で有意差が認められた（$t(14)=-3.311$，$p<0.01$）．

また，各カテゴリの分析結果の詳細は，表 3.13 に示す．選択問題と穴埋め問題に関しては，両方とも有意水準 1%で有意差が認められたが，引っかけ問題に関しては，残念ながら差が見られなかったが，手書きよりキーボードの方が総解答エラー数が多いと分かった．

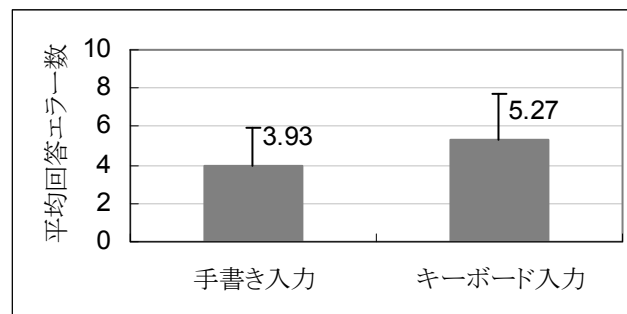



図 3.31　記憶テストの平均解答エラー数
（タスク 2：3 カテゴリ，各カテゴリ 20 問）

表 3.13　各カテゴリの総解答エラー数（タスク 2：各カテゴリ 20 問）

	選択問題	引っかけ問題	穴埋め問題
手書入力	1	18	40
キーボード入力	5	23	51
キーボードの値引く手書きの値の差	4	5	11
T-test	$p<0.01$	$p>0.05$	$p<0.01$

3.7.2.4　タスク 2 の結論

以上のことをまとめると，キーボードで入力された文の中に含まれた概念数が手書きで入力された文より少ないことが分かった．その理由は，論文の冒頭にも述べたように，キーボードの仮名漢字変換作業が原因になる可能性があると考えられる．例えば，日本語文字を入力するために 2 段階の変換作業が必要になることや，意図した漢字に変換されないために何回も同音異義語の選択作業が必要になることが原因で，人間の一時記憶に負担がかかり，記憶した内容を忘れてしまうと推察できる．

また，入力する文の長さが短く，記憶する必要のある概念数が少ない場合には，手書きでメモを取ってもキーボードでメモを取ってもあまり差がない．しかし，文字数と概念数が増えていくと，その差がだんだん明らかになり，手書きよりもキーボードの方が先に認知的負荷の限界を達することがタスク 2 の分析では明らかになった．

最後に，差は小さいが，タスク 2 の分析から手書きで入力した文の方がキーボードより長く記憶に残るということも明らかになった．

3.7.3 タスク 3 の分析と評価

知的活動の初期段階でのメモを取る作業は非常に重要であり，人の話やマルチメディアコンテンツなどから重要な内容を素早くメモをするということは大きな課題である．そこで，キーボードと手書きでメモを取る際に，どのような影響があるか，更に有効と思われる手書き入力はキーボードと定量的に比較してどれぐらいの差があるかを明らかにしなければならない．

本項では，音声の内容をメモし，理解度を測るために問題を解くというタスク 3 の課題について分析する．タスク 3 で明らかにしなければならないパラメータは，入力したメモの十分さと正確さ，及び解答の正答率の 2 つである．分析のため，まず被験者のメモと予め音声試料から抽出した概念を比較し，どれぐらい被験者のメモの中に概念数が含まれるかを分析し，手書きで取ったメモとキーボードで取ったメモの間に，メモの十分さ・正確さについて差があるかどうかを明らかにする．次に，被験者の回答を分析し，手書きとキーボードの間に正答率の差があるかどうかを明らかにする．以下では，各パラメータに関する分析と評価を述べる．

3.7.3.1 入力メモの十分さ・正確さに関する分析

ここでは, 10 名の被験者が入力したメモの十分さ・正確さについて分析した. 要するに，被験者が入力したメモと予め音声試料から抽出した概念（重要な内容）を比較し，どれぐらい被験者のメモの中に設定された概念が含まれるかを分析した．

分析した結果，メモの正確さに関しては，表 3.14 に示すように手書きで入力したメモはキーボードで入力したメモより含まれた概念数が平均的に 14.4%多いという結果が得られた．また，t 検定を用いて調べた結果，全体的にキーボードと手書きの間には，有意水準 5%で有意差が認められた（$t(9)=2.898$, $p<0.05$）．また，10 人の被験者の内，セッション 1 では 8 名，セッション 2 では 7 名が，手書きで取ったメモのほうがキーボードで入力したメモよりも評価が高いという結果が得られた．以上の結果から，メモの十分さ・正確さに関しては，手書きの方が評価が高かったという結果が得られた．

3.7.3.2 回答の正答率に関する分析

次に，10 名の被験者の回答について分析した．回答の正答数について分析した結果，平均的に手書きの方がキーボードより 16.6%程度正答数が多かったということが分かった．表 3.15 に示すように，手書きとキーボードとの間には差が小さいものの，t 検定で調べた結果，全体的にキーボードと手書きの間には，有意水準 5%で有意差が認められた（$t(9)=2.684$, $p<0.05$）．また，10 人の被験者の内，8 名が手書きの方がキーボードより正答数が多かったという結果が得られた．以上の結果から，正答率に関しては，手書きの方がキーボードより正答数が高いという結果が得られた．

表 3.14　入力メモに含まれた平均概念数（タスク 3）

		手書き入力	キーボード入力
セッション1	メモに含まれた平均概念数	18.6 / 37	16.2 / 37
	T-test	t(9)=2.359, p <0.05	
セッション2	メモに含まれた平均概念数	20.9/ 35	17.6 / 35
	T-test	t(9)=2.449, p <0.05	

表 3.15　回答の平均正答数（タスク 3）

		手書き入力	キーボード入力
セッション1	平均正答数	8.2 / 12	6.9 / 12
	T-test	t(9)= 2.414, p <0.05	
セッション2	平均正答数	7.5 / 10	6.2 / 10
	T-test	t(9)=2.899, p <0.05	

3.7.3.3　タスク 3 の結論

タスク 3 では，10 名の被験者が入力したメモの十分さ・正確さ，及び回答の正答数について分析した．分析した結果，全体的に手書きの方がキーボードよりも多くの内容を入力することができた．また，正答率の評価からも分かるように，手書きでメモを入力した方がメモの内容に対する理解度が高かったということが分かった．

3.7.4 タスク 4 の分析と評価

動画のようなマルチメディア情報は，音声のみならず，映像情報も非常に重要であるため，手書きまたはキーボードでメモを取る際に，映像情報を正確にメモすることができるかどうかを分析しなければならない．

タスク 3 と同様，タスク 4 で明らかにしなければならないパラメータは，入力したメモの十分さと正確さ，及び解答の正答率の 2 つである．分析のため，まず被験者のメモと予めビデオ試料から抽出した概念を比較し，どれぐらい被験者のメモの中に概念数が含まれ

ているかを分析し，手書きのメモとキーボードでのメモの間に，メモの十分さ・正確さについて差があるかどうかを明らかにする．次に，被験者の回答を分析し，手書きとキーボードの間に正答率の差があるかどうかを明らかにする．以下では，各パラメータに関する分析と評価を述べる．

3.7.4.1　入力メモの正確さに関する分析

タスク 3 と同様，ビデオ試料から予め抽出した概要と，15 名の被験者が入力したメモを比較し, どれぐらい入力したメモの中に設定された概要が含まれているどうかを分析する．

分析した結果, 表 3.16 に示すように手書きで入力したメモはキーボードで入力したメモより平均的に含まれた概念数が 22%程度多いという結果が得られた．t 検定で調べた結果, 全体的にキーボードと手書きの間には，有意水準 1%で有意差が認められた（$t(14)=6.596$, $p<0.001$）．また，15 人の被験者の内，12 名が手書きの方がキーボードより正答数が多かったという結果が得られた．

以上の結果から，メモの十分さ・正確さに関しては，タスク 3 と比較して，手書きの方がはるかに評価が高かったという結果が得られた．キーボードでは映像情報に関するメモをあまり取れないという問題点が大きく実験結果に影響すると考えられる．

表 3.16　入力メモに含まれた平均概念数（タスク 4）

		手書き入力	キーボード入力
セッション 1	メモに含まれた平均概念数	27.0 / 38	21.7 / 38
	T-test	$t(14)=3.493$, $p<0.001$	
セッション 2	メモに含まれた平均概念数	22.0 / 35	17.6 / 35
	T-test	$t(14)=3.420$, $p<0.001$	
セッション 3	メモに含まれた平均概念数	21.4 / 42	15.7 / 42
	T-test	$t(14)=4.385$, $p<0.001$	

表 3.17　入力メモに含まれた平均正答数（タスク 4）

		手書き入力	キーボード入力
セッション 1	平均正答数	7.4 / 10	6.3 / 10
	T-test	t(14)=2.275, p <0.05	
セッション 2	平均正答数	11.3 / 15	9.0 / 15
	T-test	t(14)=3.832, p <0.01	
セッション 3	平均正答数	6.5 / 11	4.9 / 11
	T-test	t(14)=2.899, p <0.05	

3.7.4.2　回答の正答率に関する分析

ここでは，回答の正答率について分析を行う．タスク 4 は 3 つのセッションから構成されており．各セッションの問題数はそれぞれ 10 問，15 問と 11 問であり，被験者は 15 名である．タスク 3 と同様の方法で正答数を集計し，結果を表 3.17 にまとめる．

回答の正答率の分析から，平均正答率は手書きの方がキーボードより 19.4%程度高かったというが分かった．t 検定を用いて調べた結果，全体的にキーボードと手書きの間には，有意水準 1%で有意差が認められた（t(14)=5.223, p <0.01）．また，全体的に 15 人の被験者の内，メモの十分さ・正確さの評価に関しては全員，正答率の評価に関しては 14 名が手書きの評価がキーボードより高かったということも分かった．

以上の結果から，正答数に関しては，手書きの方がキーボードより正答数が多いという結果が得られた．特に映像から出題した問題に関しては，手書きとキーボードの正答数の差が大きい傾向がみられた．この件に関しては，より詳しい分析が必要と考えられる．

3.7.4.3　タスク 4 の結論

以上の結果から，メモの十分さ・正確さ，及び正答率の評価に関しては，全体的に手書きの方がキーボードより評価が高かったということが分かった．また，タスク 3 と比較すると，手書きに対する評価は，タスク 4 の方が高かったということが分かった．これは，キーボードでは映像情報に関するメモが取りづらい点が原因になる可能性があると考えられ，より詳しい分析が必要である．

3.8 議論

実験を分析した結果，全てのタスクにおいて手書きの方がキーボードよりも評価が高いということが分かった．そこで，なぜこのような結果が得られたかを分析した結果，可能性のある原因は次の 4 つにあると推定される．以下は，その可能性のある原因について分析した結果を述べる．

3.8.1 入力時に必要な特殊キーの多さ

最も大きな原因の一つは，入力時に必要とする種々の特殊キーの多さだと考えられる．キーボードで文字を入力する際に，種々特殊キー群（変換キーを含め，訂正キー，移動キーなどもある）を操作しなければならないため，非常に時間がかかると考えられる．

この仮説を明らかにするためには，まず入力時に使われたキー情報を分析し，その割合を明らかにしなければならない．実験中に，押下されたキーの情報を記録して取得し，入力時に押下された特殊キー群と文字入力に必要な通常キー群の割合を分析した結果，キーボードで文字入力する際に，通常キー群以外に 30%程度の特殊キー群の押下が必要であることが判明した（図 3.32）．また，その中でも最も多いのは変換作業のための変換キーであり，70%程度占めることが分かった．

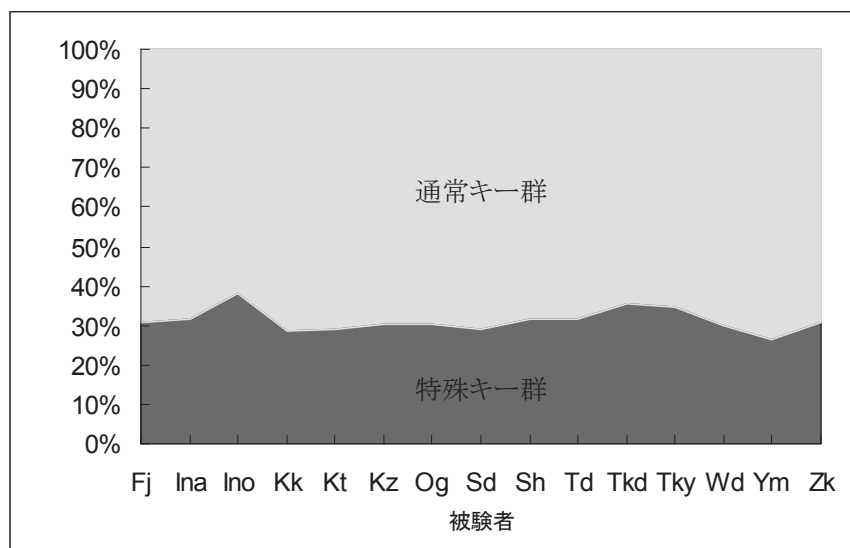



図 3.32　入力時の通常キー群と特殊キー群の割合

このように，キーボードで文字を入力する際に，3 割程度の時間をこのような無駄なキー操作に費やさなければならないため，入力速度の低下に影響する可能性がある．また，この結果は中国語文字入力と同等であり，中国語の文字入力では，漢字変換操作が総合入力時間の 36%を占めると報告された[Wang 2003]．そのため，この影響は日本語だけでな

く，中国語や韓国語のような複雑な文字入力プロセスが必要とする言語は，すでに問題点に直面しており，入力時に影響を受けているといえる．

3.8.2 訂正箇所の多さ

入力速度を低下させるもう一つ可能性のある原因は, キーボードによる入力ミスである．その理由は, キーボードのキーの数が多いため, 入力する際にミスをしやすくなることと，入力ミスをした際に，訂正作業やカーソルの移動などの操作に手間と時間がかかるからである．タスク 1 の分析から分かるように，入力エラーに関しては手書入力と比べたら，キーボードの方が十数倍も多い (図 3.33) ことが分かったため, この仮説は正しいといえる．

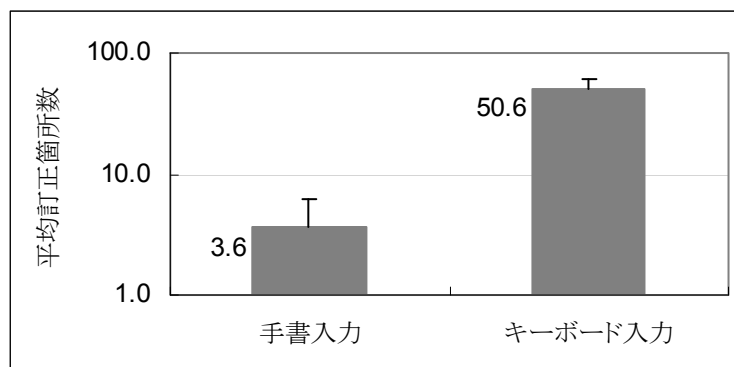



図 3.33　平均訂正箇所数（タスク 1）

このように，キーボードの入力エラー箇所数は手書きよりも多いため，キーボードの入力ミスが入力速度の低下の原因になる可能性があるといえる．また，キーボードの訂正作業は手間がかかるため，認知的負荷の増大にも影響を及ぼす可能性があるといえる．

3.8.3 仮名漢字変換の操作の複雑さ

キーボード入力の方が認知的負荷を増大するという結果に関しては，その原因はキーボード入力の仮名漢字変換操作である可能性がある．なぜならば，複雑な仮名漢字変換に高い集中力, 及び認知力が必要となるからである. また, 複雑な仮名漢字変換を行った後に, 被験者が突然入力を止めて次の文に進んでしまうケースが実験中に多く観察された．

図 3.34 に，実際に 1 名の被験者がキーボードで入力した文を示し，仮名漢字変換をしているうちに，途中で入力ができなくなっている例を示す．この例では，入力した「せいで」から意図した漢字「星で」に変換するために，12 回変換しなければならず，その度に，変換候補の漢字を確認しなければならないため，認知的負荷が大きくなって記憶した内容を忘れてしまい，その後，入力することができなくなっている．

提示文：
スピカはおとめ座のα星で，1 等級の星である

入力文書：
スピカはおとめ座のアルファ星で

キー情報：

supikaha<Space><Enter>
otomeza<Space><Enter>
no<Enter>
arufa<Space><Enter>
seide*<Space><Space><Space><Space><Space><Space>*
<Space><Space><Space><Space><Space><Space><Enter>

... 以下，内容を忘れてしまう

図 3.34　仮名漢字変換で入力が阻害される例

3.8.4 無意識に視線がキーボードに向けられる

タスク 4 の問題を映像に関する問題と音声に関する問題に分けて正答率を分析した結果，表 3.18 に示すように，映像に関する問題のキーボードの正答率が最も悪かったということが分かった．また，t 検定を用いて分析を行った結果，音声に関する問題ではキーボードと手書きの間に有意水準 5%で有意差が認められた（t(14)=-2.674, p<0.05）のに対し，映像に関する問題ではキーボードと手書きの間に有意水準 1%で有意差が認められ（t(14)=-2.674, p<0.01），映像に関する問題のみの方が手書きとキーボードの間の差がより明確であることが分かった（図 3.35）．

表 3.18　タスク 4 における音声・映像問題別の正答率（タスク 4）

		手書き入力	キーボード入力
音声情報からの出題	平均正答率	79.0%	66.2%
	T-test	t(14) = 2.634, p<0.05	
映像情報からの出題	平均正答率	66.2%	50.8%
	T-test	t(14) = 3.696, p<0.01	

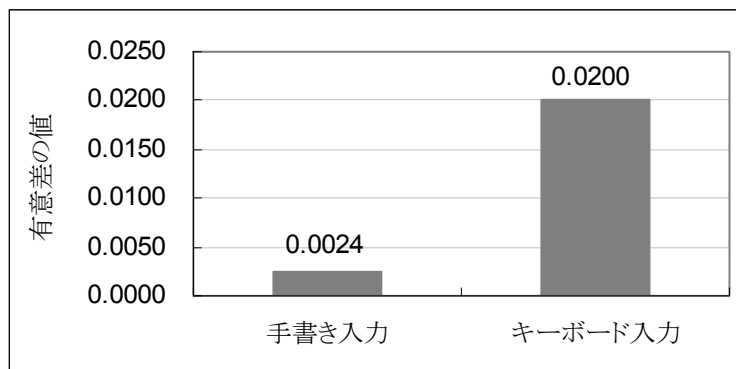



図 3.35　音声問題と映像問題における有意差の違い（タスク 4）

このように，キーボードでメモを入力する際に，手書き入力と比べたら，視線の動きはコンテンツのある情報元（Media Window）及び入力元（Note Window）の他に，無意識にキーボードに向けられることも多いため，重要な映像情報を見落とす可能性が高いと考えられる．この問題はキーボードで取ったマルチメディア情報のメモの質を低下する原因であると推定できる．

また，頭の中で思い浮かんだアイディアを入力する場合も同様，キーボードで入力する際に，キーの配置や指の位置などを確認するために，頻繁に視線をキーボードに向けなければならない．そのため，キーボードでアイディアを入力する際に，手書きで入力するより重要な情報が記録されている入力元に十分に集中できなくなってアイディアの展開などが困難になり，知的・創造的な活動が阻害される可能性があると考えられる．

3.9 結論

本研究では知的活動の初期段階に着目した．例えば物書き作業の初期段階では，物書きに必要な情報を収集するため，頭の中に思い浮かんだ貴重なアイディアや，様々なメディアからの情報をメモとして素早くかつ正確に記録しなければならない．そのため，この段階においてのメモ書き作業は，非常に重要だと考えられる．そこで，日本語メモ書き作業における手書き入力の有効性を明らかにするため，我々は手書きとキーボードの比較実験を行った．この比較実験を分析した結果，以下のようなことが明らかになった．

まず，メモ書きにおける入力速度に関しては，文の長さが短い場合は手書きとキーボードの間にあまり差が見られないが，文が長くなるにしたがい，キーボードで入力された文の方が手書きよりも遅くなり，その差が明確になった．また，手書きではキーボードと異なり，入力しているときに学習を行うことができるため，入力速度がどんどん速くなる傾向が見られた．このように，素早い入力が必要となるメモ書きタスクにおいては，キーボードよりも手書きの方が有効だといえる．そのため，知的活動の初期段階では，思い浮かんだアイディアをメモとして入力する際に，キーボードよりも手書きで入力した方が貴重なアイディアを忘れることなく，入力することができると考えられる．

また，キーボードの入力速度が遅い，及び学習できない原因は以下のの 2 つにあると考えられる．

- まず，キーボード入力では，変換キーや訂正キーなど多くの特殊キーが必要になり，この操作に多くの時間が費やされる可能性がある．特に，タッチタイピングができない人にとっては，文字以外にもこのような特殊キーを押下する際に，キーボードを見なければならないため，画面に集中できず，入力速度が遅くなる可能性も十分に考えられる．
- もう一つの理由は，キーボードで入力する際に，入力ミスが起こりやすく，誤りを訂正するために多くの時間が必要になる可能性がある．特に，文の長さと訂正箇所数の関係を分析した結果，文の長さを問わず，短い文でもキーボード入力の方が手書きより入力ミスが起こりやすいということが分かった．

次に，手書きで取ったメモはキーボードよりも内容が十分で，正確であることが明らかになった．また，手書きでは完璧に入力できた文，要するに全ての概念（重要な内容）が入力できた文の数は，キーボードよりもはるかに多いということが分かった．一方，概念が半分以下しか入力できなかった文については，キーボードで入力された方が多いということも分かった．また，入力する文の長さが短く，記憶する必要のある概念数が少ない場合には，手書きでメモを取ってもキーボードでメモを取ってもあまり差がないが，文字数と概念数が増えていくと，その差がだんだん明らかになり，手書きよりもキーボードの方が先に認知的負荷の限界を達することがこの研究では明らかになった．その主な原因は，

仮名漢字変換作業にあると考えられる．要するに，キーボード入力の場合，仮名漢字変換などが必要となるため, 手書きよりも認知的負荷が大きくなって一時記憶に負担がかかり，思いついた貴重なアイディアや，記憶した重要な内容などを忘れてしまい，正確に，かつ十分に入力することできない可能性がある．そのため，知的活動の初期段階では，思いついた貴重なアイディアをメモとして記入する際に，キーボードよりも手書きの方が良いと考えられる．

記憶の問題に関しては，差は小さいが，手書きで入力した文の方がキーボードより長く記憶に残るということも明らかになったが，今回の記憶テストはタスクの２時間後という極めて短い時間設定の中で行われたため，日常的なメモ書きタスクにおいてこの結果のインパクトがどれぐらいあるかは，詳しく検証する必要があると考えられる．

最後に, ビデオ及び音声の内容を手書き及びキーボードで入力されたメモを比較すると，キーボードで入力されたメモの方が手書きで入力されたメモの内容より不十分であり，被験者のビデオ及び音声の内容に対する理解度も低かったということが分かった．その理由は，キーボードでメモを取る場合，無意識に視線がキーボードに向けられるため，映像情報の内容をメモする際に，その内容を見落とす可能性があるからである．そのため，知的活動の初期段階では，音声やビデオのメディアからの情報をメモとして記録する際に，キーボードよりも手書きの方が正確に，かつ十分にメモを入力できるといえる．

以上の結果をまとめると，メモ書きの作業においては全体的にキーボードよりも手書きの方が評価が高く，この作業における手書き入力の有効性が明らかになった．このことから，メモ書き作業が重要となる知的活動の初期段階では，キーボードよりも手書きで作業を行った方が良いと考えられる．

しかし，以上の結果をより明確に説明付けるためには，キーボードの問題の要因を定量的に分析し，明らかにしなければならない．本研究では，この問題を解くために，視線を用いてキーボードの問題の要因を定量的に分析し，明らかにした．この実験についての詳細は第 4 章に述べる．

第4章　視線を用いたキーボード入力の問題の要因分析

4.1　序論

第 3 章で述べた手書きとキーボードの比較実験より，日本語メモ書き作業における手書き入力の有効性について定量的に分析し，明らかになった．この実験より，大きく分けると以下の 3 つのコア結果が得られた．

＜コア結果 1＞　メモ書きにおける入力速度に関しては，文の長さが短い場合は手書きとキーボードの間にあまり差が見られないが，文が長くなるにしたがい，入力中の学習により手書きで入力された文の方がキーボードよりも速くなる傾向が見られた．

＜コア結果 2＞　手書きで取ったメモはキーボード入力よりも内容が十分で，正確である．また，文の長さが短い場合は手書きとキーボードの間にあまり差が見られない．しかし，文が長くなるにしたがい，入力された文の中に含まれた概念数はキーボード入力よりも手書きの方が多くなる傾向が見られ，逆に，キーボードで入力された文の中には，概念数が少なく，評価の悪い文も数多く見られた．この結果から，手書きの方がキーボード入力よりも認知的負荷が小さいと考えられる．

＜コア結果 3＞　マルチメディアコンテンツの内容と手書き及びキーボードで入力されたメモを比較すると，キーボードで入力されたメモの方が手書きで入力されたメモの内容より不十分であり，被験者のマルチメディアコンテンツの内容に対する理解度も低いことが分かった．このように，実際のメモを取る作業に関しても，手書きの方がキーボード入力よりも有効であることがこの結果からいえる．

また，実験中に記録した実験データや実験中の観察を分析した結果，以上の結果がなぜ得られたかを推測し，被験者がキーボードで入力する際に直面する問題（結果の要因）は以下の 4 つに起因する可能性があると分かった．

- キーボードで入力する際に，＜要因 1＞*変換キーや訂正キーなど多くの特殊キーが必要*になり，この操作に多くの時間が費やされる可能性がある．
- キーボードで入力する際に，入力ミスが起こりやすく，誤りを訂正するのに多くの時間が必要になる可能性がある．特に，文の長さと訂正箇所数の関係を分析した結果，

文の長さに関わらず，短い文でも手書きより＜要因 2＞*キーボード入力の方が入力エラーが起こりやすい* ということが分かった．

- ＜要因 3＞*キーボード入力では仮名漢字変換などが必要* となるため，手書きよりも認知的負荷が大きくなって短期記憶に負担がかかり，思いついた貴重なアイディアや，記憶した重要な内容などを忘れてしまい，正確に，かつ十分に入力することできない可能性がある．

- キーボードでメモを取る場合，＜要因 4＞*無意識に視線がキーボードに向けられる* ため，映像情報の内容をメモする際に，その内容を見落とす可能性がある．

しかし，残念ながら上記の 4 つの要因は，そのほとんどが実験中に記録した実験データや実験中の観察の分析から推測された結果であり，定量的には明らかになっていない．キーボード入力の問題を明らかにするには，入力速度や入力エラーのようなパラメータだけでは不十分であり，入力中に被験者が実際に何を見ているか，どのような行動をしているか，視線がどのような動きをしているかなど，このようなメタ情報を詳細に分析する必要があると考えられる．そこで，本実験ではこの問題に着目し，実験中の被験者の視線の動きをビデオ解析で分析し，上記に述べたキーボードの問題の要因を明らかにした．

4.2 関連研究:視線情報を用いた分析

人間の視線の動きは視覚情報を獲得するために，非常に重要な役割を果たしている．視線情報は，人間の意図を大きく反映していると考えられるため，人間の作業の分析やユーザインタフェースの向上など，様々な分野で盛んに研究され，幅広く使用されている[山田 1986；伴野 1993]．例えば，自動車の運転においては古くから，ドライバの視線の動きを用いた自動車の設計[荻原 1991]やナビゲーションシステム[坂口 1995]の設計などの研究がある．

プログラム理解やデバッグ*8 における視線を計測した研究も少数ではあるが行われている．Stein らはレビュー作業者に他の作業者がレビューした際の視線を見せることでバグ発見時間が短くなることを明らかにしている[Stein 2004]．上野らは，コードレビュー時のプログラマの視線の動きとレビュー性能（誤り発見効率）の関係を分析した[Uwano 2006]．その結果，プログラマの視線に（1）レビュー開始時にコード全体を上から下に向かって眺める動作，（2）変数が初めて参照されたときに変数宣言部を確認する動作，（3）変数が現れたとき，変数が直前に出現した行を確認する動作の 3 つのパターンがあることがわかった．さらに，レビュー開始時に（1）の動作を十分に行わなかったとき，誤り検出までの時間が長くなる傾向にあることがわかった．図 4.1 は，この研究で使用した UI を示し，視線の結果表示画面には，視線の移動順序と各コードの行に留まった時間を表す．

*8　コンピュータプログラムの誤り(「バグ」と呼ばれる)を探し、取り除くこと

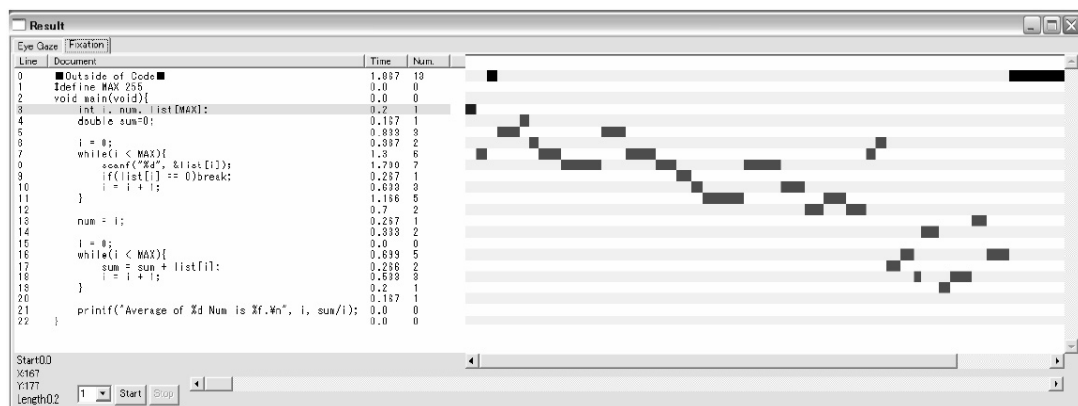



図 4.1　視線情報の表示例［Uwano 2006］

また，本実験のように，視線の計測を用いて初心者と熟練者の違いを分析することを目的にした研究は，以下のように認知科学やプログラム理解の分野においてよく用いられている．

- Law らは腹腔鏡手術の訓練装置を使用している際の初心者と熟練者の視線の動きを分析している[Law 2004]．分析の結果，熟練者は初心者に比べて患部をより集中して見ていることが明らかになっている．
- Kasarskis らはフライトシミュレータを使って飛行機の着地を行っている際のパイロットの視線を計測している[Kasarskis 2001]．その結果，熟練者が速度計を良く見ているのに対して初心者は高度計をより多く見ていることが明らかになっている．
- Torii らは被験者にソースコード*9 とバグを含んだプログラムの動作結果を示し，デバッグを行う際の視線やキーストローク*10，発汗などを計測し，熟練者と初心者を比較した[Torii 1999]．その結果，熟練者はデバッグ作業が進むに連れてバグが含まれていると思われる関数の数を限定していったのに対し，初心者は関数を限定することができなかった．
- Crosby と Stelovsky は誤りを含んだソースコードと正常に動作するプログラムを被験者に示し，ソースコードを理解する過程の視線を計測した[Crosby 1990]．その結果，初心者はコメントに視線が集中するのに対して，熟練者はコメントをあまり見ておらず，ソースコードを良く見ていることなどが明らかになった．

このように，視線情報を用いて被験者の行動を分析する研究は多い．特に，プログラムのコードレビューと同様，キーボード入力時に被験者がどこを見ているか，画面およびキーボードに視線が留まる割合などを分析するのは非常に重要だと考えられるため，その他の生体情報を用いて実験を行うより視線の方が有効だといえる．そのため，本実験では視線情報を用いてキーボードの問題の要因を分析し，明らかにすることを決めた．

*9　プログラムの動作記述した文書のこと
*10　キーボードのキーが押された時のこと

4.3　実験目的と実験の設計

本実験の主な目的は，以下に述べるキーボード入力の問題の要因を定量的に分析し，明らかにすることである．

1. 入力時に変換キーや訂正キーなど多くの特殊キーが必要なため
2. キーボード入力では，入力エラーが起こりやすいため
3. キーボード入力では仮名漢字変換などが必要なため
4. 無意識に視線がキーボードに向けられ，映像情報を落としやすいため

これらの要因を明らかにするために，分析パラメータとして 4 つの質問を設定し，本実験を設計した．以下にそれぞれの質問と実験の設計について詳細に述べる．

＜質問 1＞　キーボード及び画面に視線が見た比率はどれぐらいか.

＜質問 2＞　入力が難しいキーがあるか.

タッチタイピングのできないユーザは，文字を入力する際に，まず押下すべきキーを確認し，その後入力された文字が正しいかどうかを確認するため，及び仮名漢字変換を行うために画面に視線を移さなければならない．この繰り返しの作業は頻繁に行われると，入力速度が遅くなってしまうと考えられる（要因 1 に対応する）．それだけでなく，この繰り返しの作業によって，画面に集中できる時間が短くなるため，画面に表示している映像情報を見落としてしまう可能性が高くなるといえる（要因 4 に対応する）．

また，第 3 章で述べた実験の観察から，タッチタイピングのできる被験者でも，キーボードを見て確認しないと，入力ができないキーがあると分かった．この問題は，入力速度（要因 1 に対応）と入力エラー（要因 2 に対応）に大きく影響すると考えられる．

本実験ではこの 2 つの問題を解くために,次のように実験を設計した.タスクとしては，被験者にランダムに表示された日本語文（10，20，及び 30 文字程度の長さの文章，計 30 文.）を見ながら，できる限り速くキーボードで同じ文を入力してもらい，入力中に被験者の視線情報を記録する（タスク 1）．また，それぞれの質問を解くために，以下のように分析パラメータを設定した．

- 質問 1 の分析のパラメータ：　実験中に記録した視線情報から，被験者の視線がキーボード，及び画面に停留した時間・回数の比率を集計し，分析する．
- 質問 2 の分析のパラメータ：　予めキーを複数のカテゴリに分け，実験中に記録した視線情報から，被験者がそれぞれのカテゴリのキーを見た回数を集計し，分析する．

また，この 2 つの問題はキーボード入力の独自の問題であるため，タスク 1 では手書き入力との比較を行わない．

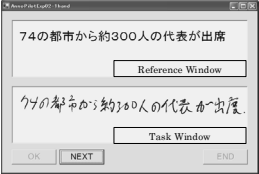
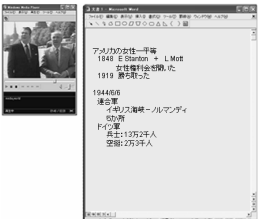
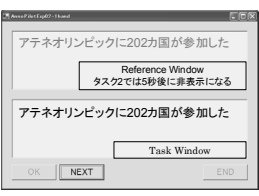
＜質問 3＞　見落とされた映像情報の割合はどれぐらいか．

第 3 章で述べた実験結果から，ビデオを見ながらメモを取り，その後問題を解くというタスクでは，音声情報から出題した問題と比べたら，映像情報から出題した問題の正答率が悪いという結果が得られた．実験中の分析から，この結果の主な要因は，多くの被験者がキーボードでメモを取る際に，無意識に視線をキーボードの方に向けてしまい，映像情報を見落としてしまうことである（要因 4 に対応する）．最近では，マルチメディアコンテンツが多く使用されるようになり，当然その内容を理解するためにビデオを見ながらメモを取らなければならないため，どのぐらい映像情報が見落とされたかを明らかにするのは重要だと考えられる．

本実験では質問 3 を解くために，次のように実験を設計した．タスクとしては，ビデオファイルを視聴しながら，メモを入力してもらい．タスク中に被験者の視線情報を記録する (タスク 2)．分析パラメータとしては, 実験中に記録した視線情報から, ビデオ (映像)，メモ領域，及びキーボードを見た時間，または回数を集計し，分析を行う．

また，タスク 2 は，タスク 1 と異なり，この問題を明らかにするため，かつ，メモ書きにおける手書き入力の有効性を明確にするために，手書き入力と比較をする必要がある．

＜質問 4＞　本当に複雑な仮名漢字変換後に記憶している内容を忘れたか．

最後に，第 3 章で述べた実験結果から，複雑な仮名漢字変換を行った後に，被験者が突然入力を止めて次の文に進んでしまうケースが実験中に多く観察された（要因 3 に対応する）．これは，恐らく記憶された残りの内容を忘れてしまうのが原因だと考えられる．そのため，この問題を明らかにするのは重要である．

本実験では質問 3 を解くために，次のように実験を設計した．タスクとしては，一定の表示時間内（5 秒）に提示文（10，20，及び 30 文字程度の長さの文章，計 30 文．）がランダムに表示され，それを記憶し，提示文が非表示になってから，できる限り提示文と同じように入力してもらう．タスク中に被験者の視線情報を記録する（タスク 3)．分析パラメータとしては，実験中に記録した視線情報から，上記で述べたシーンが実際に存在するかどうかを分析する．

また，この問題も，問題 1 と 2 と同様，キーボード入力の独自の問題であるため，タスク 3 では手書き入力との比較を行わない．

4.4 具体的な実験内容

本実験は基本的に第 3 章で述べた本番の手書きとキーボードの比較実験と同じように行う．被験者に 4.3 節に述べたタスク 1 からタスク 3 を順々に行ってもらった．各タスクの間 15 分程の度休憩時間を設けた．タスクの回数に関しては，タスク 1 を 2 回，タスク 2 を 3 回，及びタスク 3 を 2 回行った．全てのタスクを終了するまでの時間は被験者の入力レベルによって異なるが，平均的におよそ 2 時間である．本実験の試料，及び実験に使用した UI は，基本的に第 3 章で述べた本番実験の実験 UI（3.62 節）と，実験試料（3.63 節）を使用した．最後に，本実験の内容について表 4.1 にまとめる．

表 4.1　実験内容のまとめ

	概要	回数	UI サンプル	実験試料
タスク 1	ランダムに表示された提示文を見ながら，できる限り速くキーボードで同じ文を入力してもらう．	2 回	74の都市から約300人の代表が出席 Reference Window Task Window OK NEXT END	• 2 セット [平均 600 文字／セット] • 10，20，及 z30 文字程度の長さの文，計 30 文 • 第 3 章の本番の実験（タスク 1）と同様のものを使用する
タスク 2	ビデオファイルを視聴しながら，手書きまたはキーボード（2 サブタスク）でメモを入力してもらう．	3 回／サブタスク	手書き入力 キーボード入力	• 6 セットのビデオファイル [3 セット／サブタスク] • 各セット 3~5 分程度のビデオファイル • 第 3 章の本番の実験（タスク 4）と同様のものを使用する
タスク 3	一定の表示時間内(5 秒)に提示文がランダムに表示され，それを記憶し，提示文が非表示になってから，キーボードでできる限り提示文と同じ文を入力してもらう．	2 回	アテネオリンピックに202カ国が参加した Reference Window タスク2では5秒後に非表示になる アテネオリンピックに202カ国が参加した Task Window OK NEXT END	• 2 セット [平均 600 文字／セット] • 10，20，及び 30 文字程度の長さの文，計 30 文 • 第 3 章の本番の実験（タスク 2）と同様のものを使用する

4.4.1 被験者

被験者は，22～25 歳の情報系大学院生 3 名であり，第 3 章で述べた本番の手書きとキーボード入力の比較実験に参加しなかった者を採用した．また，以前の実験と異なり，このビデオ解析実験では，キーボード入力の問題とユーザのキーボード入力能力レベルとの関係を明らかにしなければならないため,「初級，中級，上級」のキーボード入力能力レベルに当てはまる 3 人の被験者を選抜した．それぞれの被験者のキーボード入力能力レベルの要約を表 4.2 にまとめる．

表 4.2 実験内容のまとめ

被験者	入力速度	備考
上級者（KD）	>70 文字／分以上	• キーボード見なくても速く入力ができる
中級者（OU）	50~60 文字／分	• 平均的な情報系大学生の入力速度 • ただし，タッチタイピングができる
初級者（KT）	40~50 文字／分	• 入力速度が遅く，入力する際に頻繁にキーボードを見る必要がある．

4.4.2 実験環境の設定と計測項目

ここでは，本実験に使用した実験環境（入力デバイスや視線検出装置など）及び計測項目について述べる．まず，入力デバイスに関しては，タスク 1 及び 3 では Sharp 社製のタブレット PC（Muramasa，12.1 インチ，解像度 1024×768 ）を採用した．被験者はタブレット PC と一体型になっているキーボードを用いて入力した．タスク 2 に関しては，映像情報（Media Window）とノート（Note Window）が同時に表示できるように，解像度の大きい Wacom 社製の液晶ペンタブレット(Cintiq 1800, 18 インチ, 解像度 1280×1024）を採用した．被験者はキーボードでメモを入力する場合，液晶ペンタブレットを単にディスプレイとして使用し，パソコンの標準 QWERTY 配列キーボード及びマウスでメモを入力した．一方，手書きの場合は，直接液晶ペンタブレット上に付属のペンを用いてメモを入力した．本実験では，被験者全員が同じ条件になるように，全員が同じ実験機器を使用するようにした．

被験者の視線情報を獲得するために，本実験では Nac 社製の視線検出装置 EMR-8 を使用した．コンピュータの画面，及びキーボードが正確に記録できるように，ディスプレイと頭上にある視線検出装置のカメラとの距離をタスクを行う前に毎回調整した．また，視線情報が安定に記録できるように，実験中にできるかぎり頭を左右に大きく揺らさないように被験者に指示した．実験環境の詳細は図 4.2 に示す．

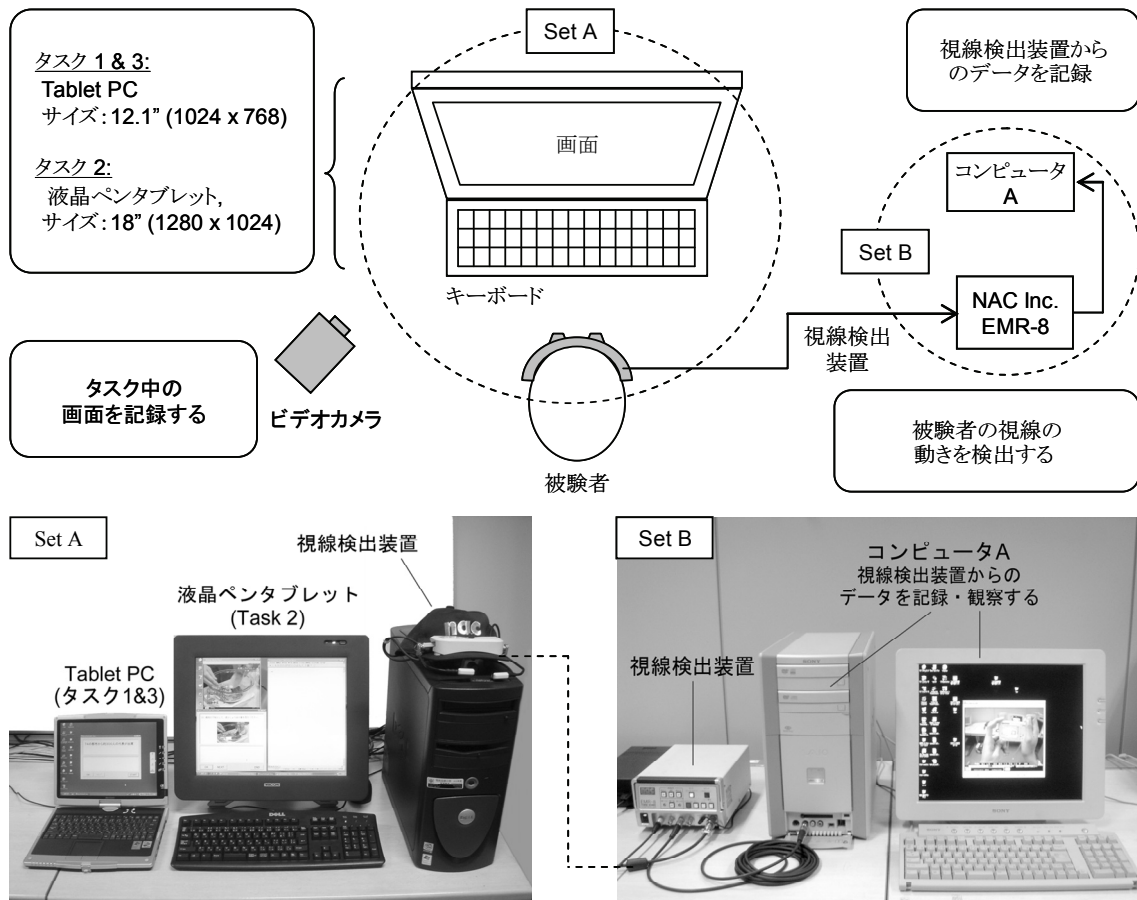



図 4.2　実験環境の詳細

計測項目に関しては，図 4.3 の視線検出装置の映像情報に示すように，被験者の視線と下部に表示される経過時間から，画面やキーボードなどを見ながら費やされた時間，及び回数を計算し，分析する．視線検出装置からの映像情報は 1 秒間に 30 回出力され，コンピュータに記録した．

4.5　実験結果の分析と評価

本実験は 3 のタスクから構成されている．各タスクから記録したビデオ（視線検出装置からの映像情報）の長さは表 4.3 に示し，合計で約 4 時間である．タスク 3 のビデオの長さは，被験者のキーボード入力速度によって異なる．

図 4.4 はタスク 2 を行ったときの風景を示す．以下，4.3 節で述べた質問の順にビデオ解析の方法と結果について述べる．

図 4.3　視線検出装置から記録した映像情報の例

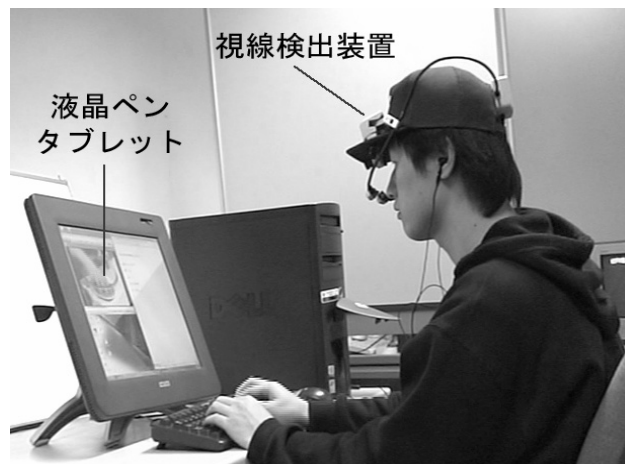



図 4.4　実験風景（タスク 2）

表 4.3　視線検出装置から記録した映像情報の長さ

	タスク 1	タスク 2	タスク 3	総時間
上級者（KD）	1 回目： 514 秒 2 回目： 513 秒	各被験者 [6 ファイル] = 1392 秒	1 回目： 814 秒 2 回目： 726 秒	3959 秒
上級者（OU）	1 回目： 972 秒 2 回目： 930 秒		1 回目： 905 秒 2 回目： 914 秒	5113 秒
上級者（KT）	1 回目：1007 秒 2 回目： 881 秒	（232 秒／ファイル）	1 回目： 874 秒 2 回目： 895 秒	5049 秒
総時間	4817 秒	4176 秒	5128 秒	14121 秒 =3 時間 55 分 21 秒

4.5.1 キーボード及び画面を見た比率

キーボード入力の問題を明らかにするために，まず被験者が入力する際に，どれぐらい頻繁にキーボードを見ているかを分析した．分析のため，まず視線検出装置の映像情報から記録した被験者の視線，及び下部に表示される経過時間を使用し，被験者がタスク 1 を行った際に，キーボード，及び画面を見た時間（それぞれの領域に入ってから出るまでの時間）と，タスクを開始してから終了するまでの時間の割合を分析する．また，キーボードの領域に視線が入った場合，どのキーに視線が停留（視線が一定時間（0.5 秒）留まった点）したかを記録する．

分析の結果は図 4.5 に示し，まず，初級の被験者 KT に関しては，平均的に総合入力時間の半分以上（総タスク時間の 56%）でキーボードを見ながら入力しなければならないことが分かった．一方，タッチタイピングができる中級・上級の被験者 OU，及び KD に関しては，平均的にキーボードを見た時間が短い（総タスク時間の 15%以下）ため，ほとんど画面に集中できると考えられる．

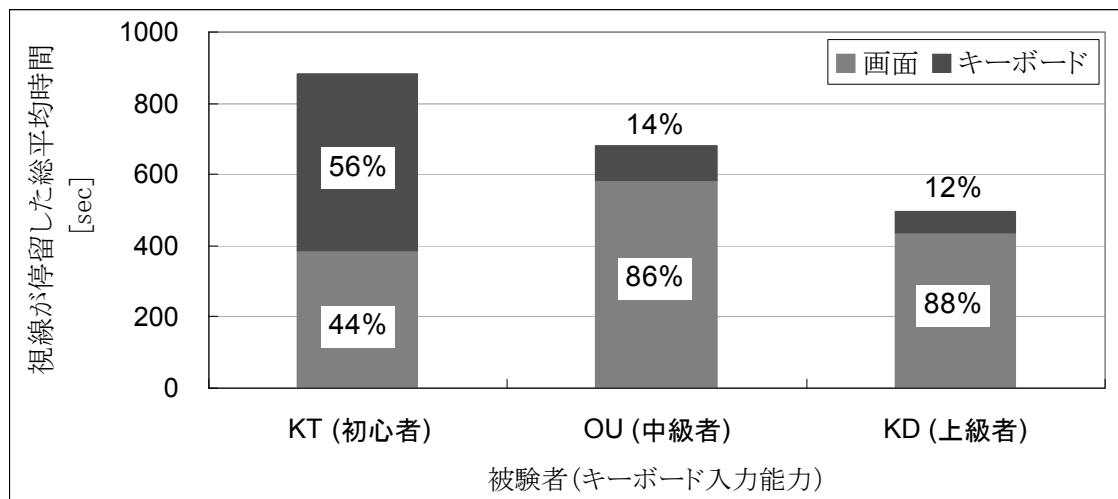



図 4.5　画面及びキーボードに視線が停留した時間（タスク 1）

また，図 4.6 は被験者 KT（初心者）が 60 文字（10，20，30 文字の文）を入力するときのキーボードと画面の間の視線運動を示し，文字を入力する際に，視線の運動がキーボードと画面の間に非常に激しいということが分かった．以上の結果から，キーボード入力能力レベルの低いユーザに関しては，次のことが言える．

- 初心者のユーザは，キーボードで入力する際に，キーボードと画面の間の視線運動が非常に激しいため，画面に集中することができなくなるといえる．知的・創造的な活動を阻害する可能性が高い．

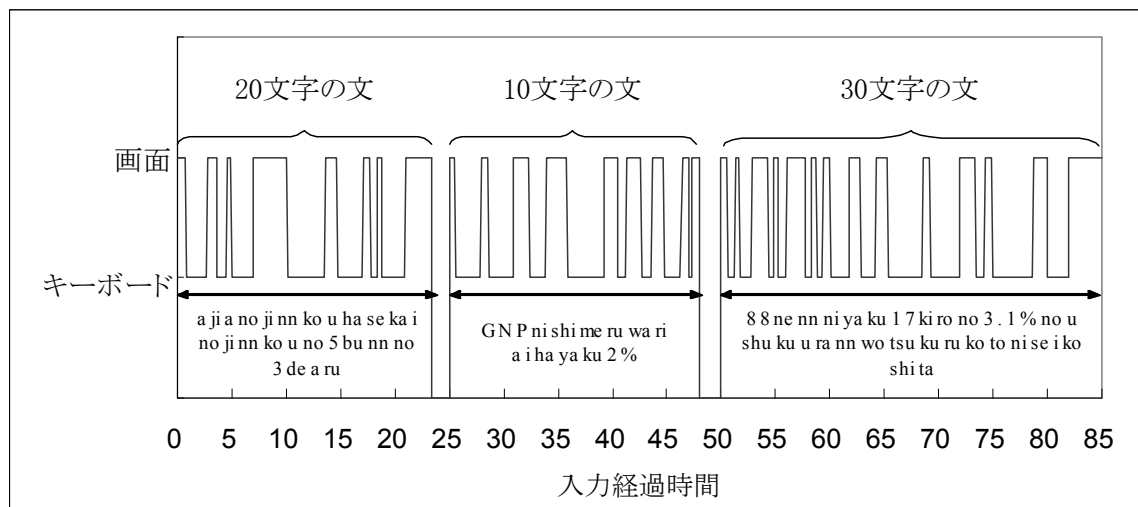



図 4.6　被験者 KT（初心者）の画面とキーボードの間の視線運動
（タスク 1：60 文字を入力するとき）
※10 文字：GNP に占める割合が約 2%
※20 文字：ｱｼﾞｱの人口は世界の人口の 5 分の 3 である
※30 文字：88 年に約 17 ｷﾛの 3.1%濃縮ｳﾗﾝを作ることに成功した

- 入力する際に，画面よりもほとんどキーボードを見なければならないため，例えばビデオを見ながらメモを取る際に，映像情報を見落とす可能性が高い.

［結論］

初心者のユーザは，キーボードで入力する際に，頻繁にキーボードを見ないと入力できないことが明らかになった．この結果より，推測したキーボードの問題の要因，

＜要因 1＞ 入力時に変換キーや訂正キーなど多くの特殊キーが必要なため

＜要因 4＞ 無意識に視線がキーボードに向けられ，映像情報が落としやすいため

が明確になり，初心者のユーザにとっては素早い入力速度を必要とするタスク（例えば，メモ書き)，及び映像情報から重要な内容をメモするタスクに対しては，キーボードより手書きの方が有効であることが明らかになった.

また，タッチタイピングのできるユーザにおいても，入力する際にキーボードを見た時間は総入力時間の 15%程度であり，十分に画面に集中できるといえる．しかし，この結果を逆に考えると，両方の中級・上級者の被験者はタッチタイピングができるにもかかわらず，総入力時間の 15%もキーボードを見ないと入力ができないため，入力するのに困難なキーが存在するといえる（この件については，4.5.3 項で詳しく分析する.).

4.5.2 入力が困難なキー：Looking versus Glancing

今までの視線の分析より，被験者がキーボードを見るときに，具体的には以下の 2 種類の行動があり，それぞれ異なる目的で行われることが分かった.

1. Looking（はっきり見ること）: 押下したいキーを捜すために行われ，キーボードの領域に視線が入ってから出るまでの時間が 1 秒以上かかったときの行動をいう.
2. Glancing（一目する）: 主に，自分の指が正しい位置にあるかどうかを確認するために行われ，キーボードの領域に視線が入ってから出るまでの時間が非常に短い（0.5 秒～1 秒）ときの行動をいう.

この 2 つの行動は，ユーザのキーボード入力能力レベルと関係があるかどうかを分析するために，3 人の被験者がタスク 1 を行った際に，キーボードを「はっきり見る」，及び「一目する」回数を集計し，分析した．分析結果を図 4.7 に示す.

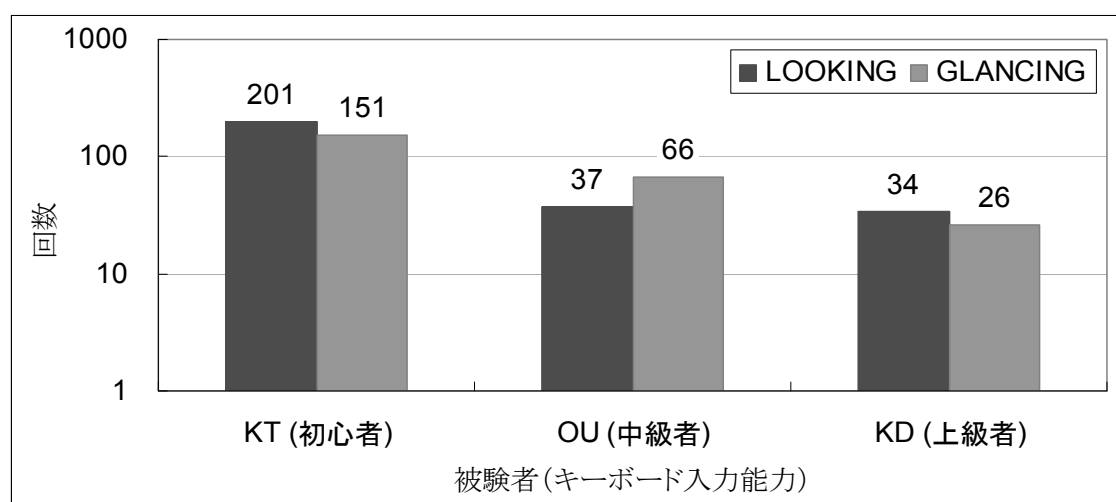



図 4.7　被験者がキーボード“はっきり見る,”及び“一目見る”回数（タスク 1）

図 4.7 より，まず中級の被験者 OU は，キーボードを一目する時間が上級の被験者 KD よりも 2.5 倍多いということが分かった．この問題が，彼の入力速度を落とし，上級の被験者 KD よりも総合入力時間が長くなる要因ではないかと考えられる.

また，中級・上級の被験者は，タッチタイピングができるにもかかわらず，両者ともほぼ同じ回数でキーボードをはっきり見て入力しなければならいということが分かった．その原因としては，両者にとって入力するのが難しいキーがあるからだと考えられる．この問題を明確にするためには, 中級･上級の被験者がはっきり見たキーを 3 カテゴリに分け，1) アルファベット，2) 数値，及び 3) その他（ファンクションキーや削除キーなど）のキ

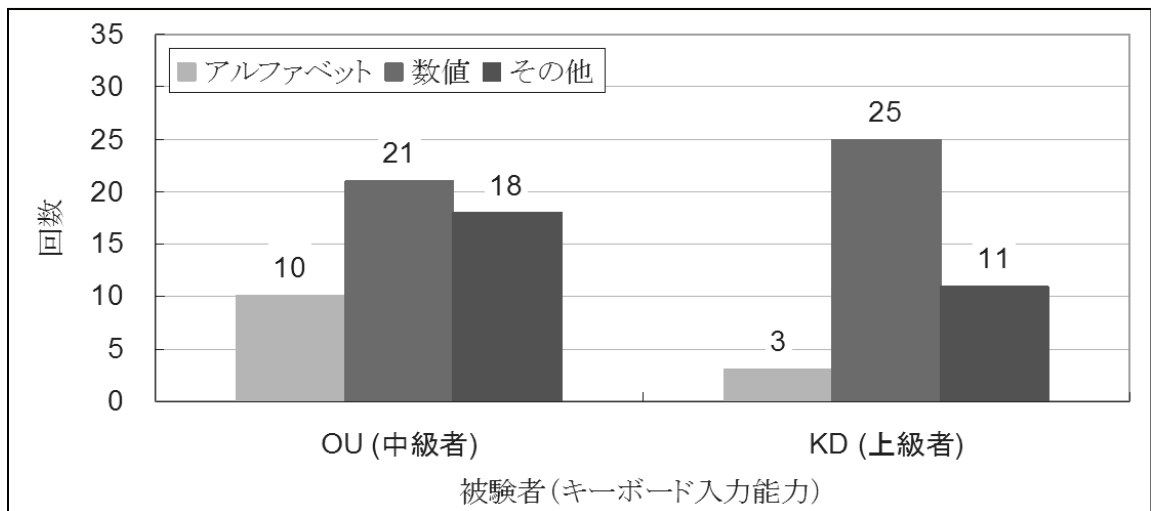



図 4.8　アルファベット，数値，及びその他のキーをはっきり見た回数（タスク 1）

ーをはっきり見た回数を集計し，分析した．分析結果を図 4.8 に示し，特に“数値”を見ないで入力するのは，上級のユーザでも非常に難しく，一旦キーボードを見て確認しないと，入力できないことが明確になった．この結果を確認するために，上級の被験者 KD が 60 文字（10，20，30 文字の文）を入力するとき，キーボードと画面の間の視線運動を分析して図 4.9 に示す．図 4.9 より，数値を入力するときに，タッチタイピングができるユーザでもキーボードを見なければならないということが明らかになった．

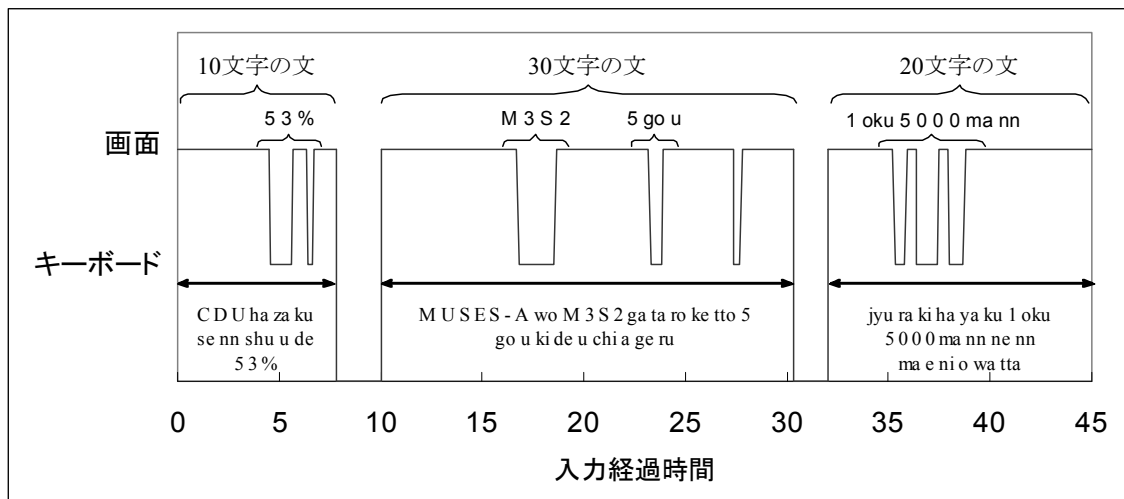



図 4.9　被験者 KD（上級者）の画面とキーボードの間の視線運動
（タスク 1：60 文字を入力するとき）
※　10 文字：CDU はザクセン州で 53%
※　20 文字：ジュラ紀は約 1 億 5000 万年前に終わった
※　30 文字：MUSES-A を M3S2 型ロケット 5 号機で打ち上げる

［結論］

ユーザがキーボードを見るときに，主にキーボードをはっきり見て押下したいキーを捜すためと，キーボードを一瞬に見て自分の指が正しい位置にあるかどうかを確認するために行われることが多いと分かった．特に，後者の行為は中級者のユーザに多く見られるため，タッチタイピングができても，入力速度が上がらない原因になると考えられる．

また，数値のキー配列が最も入力難しく，タッチタイピングができる上級者においてもキーボードを見ないと入力できない傾向が多く見られる．これは，キーボードのホームポジション（ASDF... キー配列）から距離が遠いことが原因ではないかと考えられる．

このように,キーボード入力能力の高いユーザでも,100%画面に集中できるとは限らず,自分の指の位置を確認するためや，入力するのに困難なキーを押下するために，キーボードを見なければならないということが分かった，この結果より，推測したキーボードの問題の要因,

＜要因 1＞ 入力時に変換キーや訂正キーなど多くの特殊キーが必要なため

＜要因 2＞ キーボード入力では，入力エラーが起こりやすいため

＜要因 4＞ 無意識に視線がキーボードに向けられ，映像情報が見落としやすいため

が明確になったといえる．なぜならば，アルファベット以外のキーはほとんどキーボードのホームポジションから遠いところに配置されており，入力が難しくなるため，入力エラーも多くといえる．また，このようなキーを入力する際に，キーボードを見ないといけない傾向があるため，無意識に視線がキーボードの方に移り，画面に表示されている映像情報を見落とす可能性も高くなるといえる．

4.5.3 見落とされた映像情報の割合

ここでは，ビデオなどを見ながらメモを取る際に，どれぐらい映像情報が見落とされたかを明らかにするために，初級と上級の被験者（中級者と上級者のキーボードを見た割合がほぼ同じなため，ここでは中級者の分析を除外する．）がタスク 2 を行ったときに，映像（Note Window），ノート（Note Window），及びキーボードを見た時間を集計し（図 4.10），分析した．

分析結果を図 4.11 に示す. 初級の被験者 KT はメモを取るためにキーボードとノートを頻繁に見なければならないため，平均的にビデオの総時間の 20%程度しかビデオを見ることができず，ほとんどの映像情報を見落としてしまう可能性が高いと言える．また，上級の被験者 KD の場合は，タッチタイピングができるにもかかわらず，40%程度しかビデオを見ることができなかった．その原因は仮名漢字変換操作にあると考えられる．なぜならば，仮名漢字変換を行うときに，表示された漢字候補のリストから入力したい漢字を確認

液晶ペンタブレット

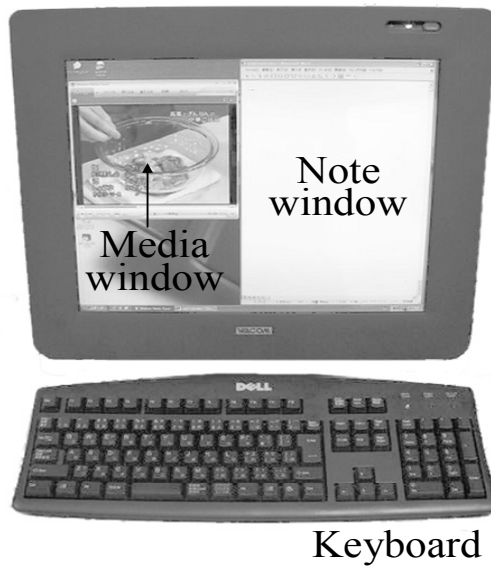



図 4.10　タスク 2 の実験環境

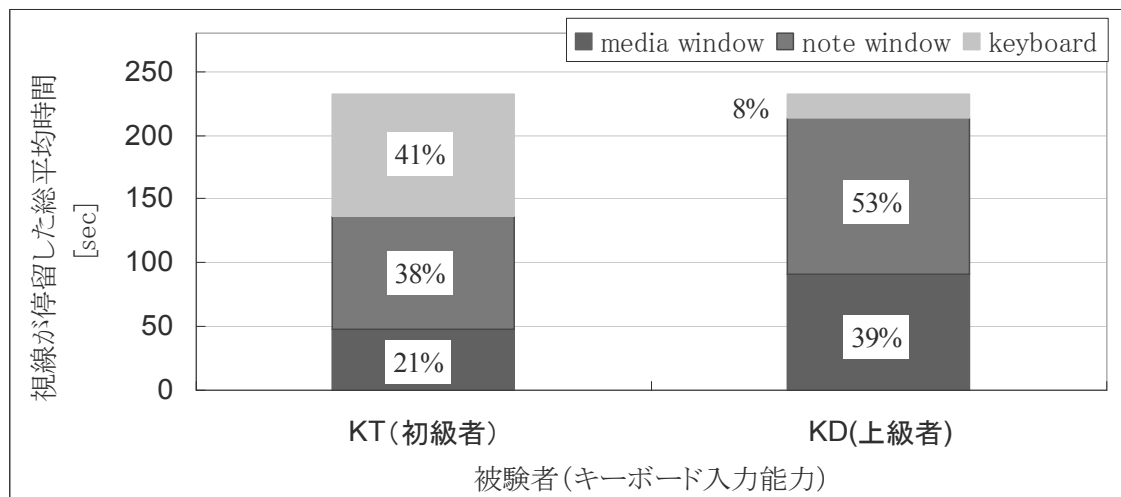



図 4.11　映像（Media Window），ノート（Note Window），
及びキーボードを見た割合（タスク 2）

し，選択しなければならないため，結局ビデオよりも漢字候補のリストが表示されるノートの方に集中しなければならないと考えられる．ちなみに，手書きでメモを取る際に，どれぐらいビデオを見たかを分析した結果，両者とも 55%程度ビデオを見ることができ，キーボード入力のときよりも 1.5 倍から 2.5 倍程度多いということが分かった．

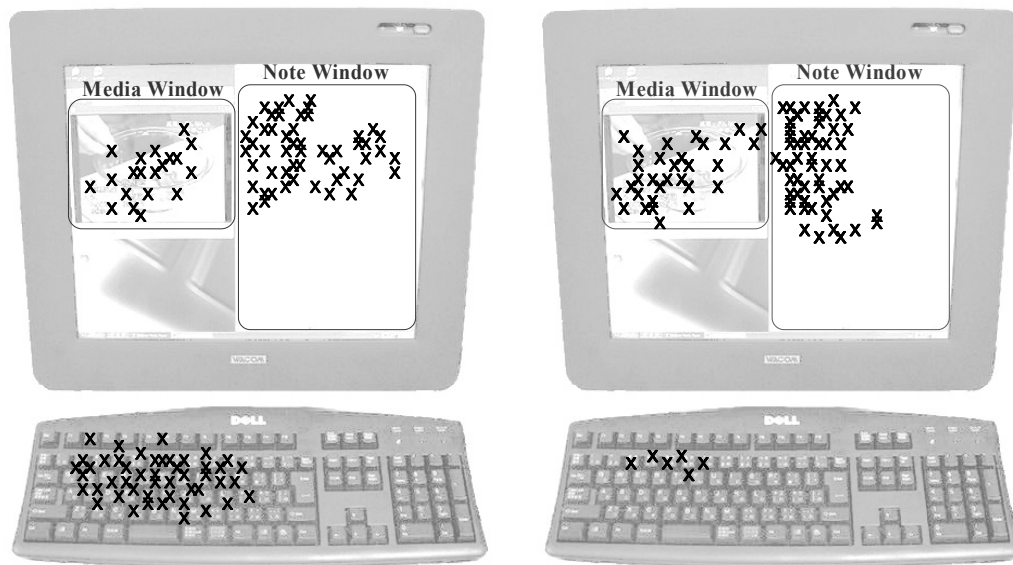



図 4.12　ビデオを 2 分間視聴しながらキーボードでメモをするときの視線の位置
（ビデオの長さ：2 分間，視線情報：毎秒の位置情報）

また，図 4.12 は，2 分間ビデオを見ながら，キーボードでメモを取る際に，記録した初級者・上級社の毎秒の視線の位置を表す図である．図 4.12 からわかるように，初級者においても，上級者においても，視線を映像の方に維持し，集中して見ることはできないといえる．特に，初級者の場合は，ノートとキーボードの方に視線が集中しており，映像の方に視線を向ける回数が非常に少ないと分かった．

［結論］

初心者の場合，ビデオを見ながらメモをするタスクに関しては，流れている映像を見ることはほとんどできない（20%程度）という結果が得られた．一方，キーボード入力能力の高い上級者でも 4 割程度しかビデオを見ることができない．その原因は，仮名漢字変換作業にあると考えられる．なぜならば，仮名漢字変換を行う際に，表示された漢字候補のリストから漢字を選択しなければならないからである．

手書きでメモを取ることと比べたら，キーボード入力能力を問わず，両者とも 55%程度ビデオを見ることができ，キーボード入力のときよりも 1.5 倍から 2.5 倍程度多いということが分かった．

以上の結果より，推測したキーボードの問題の要因，

＜要因 3＞ キーボード入力では仮名漢字変換などが必要なため

＜要因 4＞ 無意識に視線がキーボードに向けられ，映像情報が見落としやすいため

が明らかになったといえる．要因 3 に関しては，このビデオ分析から分かるように，仮名漢字変換を行うと，変換候補のリストから視覚的に確認が必要なため，ビデオなどのマルチメディアコンテンツからメモをする際に，映像情報に十分に集中できず，画面に表示されている映像情報を見落とす可能性も高くなるといえる．

4.5.4 仮名漢字変換操作直後のシーン

最後に，複雑な仮名漢字変換を行った後に，記憶した内容を忘れてしまうため，被験者が突然入力を止めて次の文に進んでしまうという仮名漢字変換の問題を明らかにするために，被験者がタスク 2 を行ったときに撮影されたビデオを用いて上記と同じシーンが存在するかどうかを分析した結果，図 4.13 に示すようなシーンがいくつか見つかった．また，複雑な仮名漢字変換を行った後に，被験者が 1〜2 秒間入力を止めるという典型的なシーンも多く見つかった．

［結論］

このように，仮名漢字変換操作は認知的負荷が大きいため，記憶した内容を忘れてしまい，変換後入力ができなくなってしまう可能性があると言える．この結果により，推測したキーボードの問題の要因

＜要因 3＞ キーボード入力では仮名漢字変換などが必要なため

が明確になり，貴重なアイディアや，重要なメモをキーボードで入力する際に，途中で忘れてしまう可能性が十分にあるといえる．

0:00 memorizing (5 sec).... 0:05 start inputting ……..……..……….……..….. 0:15 facing minor converting process ………..

0:17 miss converting …… 0:18 correcting ……..……..………..…………… 0:20 facing major converting process …..……....

…..………..converting process ended (took 4 sec)….. 0:24 stop inputting after major converting process… 0:26 move to next sentence

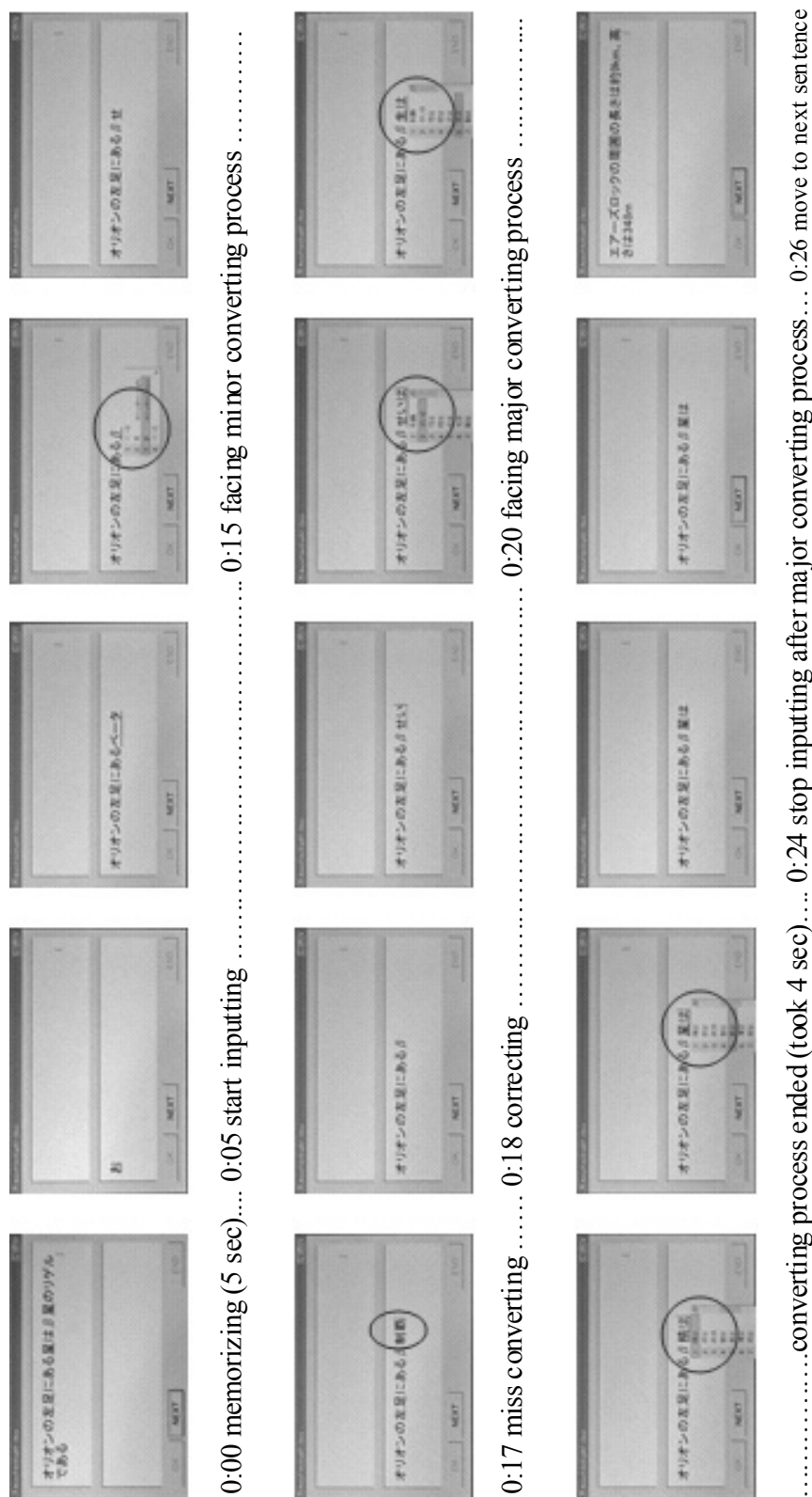



図 4.13　タスク 3 が行われた際に撮影されたビデオのスナップショット（26 秒程度）
“複雑な仮名漢字変換が行われた後に，被験者が突然入力を止めて次の文に進んでしまうシーン”

4.6 結論

本研究では，日本語メモ書き作業におけるキーボード入力の問題の原因について明らかにするために，初級，中級，及び上級の 3 人の被験者で，第 3 章で述べた手書きとキーボードの比較実験を繰り返し，被験者の視線を用いたビデオ解析を行った．分析した結果，以下のことが分かった．

- キーボード入力能力レベルの低いユーザは，入力するために頻繁にキーボードを見なければならない．更に，入力時のキーボードと画面の間の視線運動が非常に激しく，入力速度が遅くなるだけでなく，画面に集中することもできないと考えられる．
- キーボードで入力する際に，アルファベットキーだけでなく，数値キーや記号キーなど様々なキーが存在するため，タッチタイピングのできる中級者ユーザでも，頻繁に自分の指が正しい位置にあるかどうかを確認しなければならないと分かった．
- 数値キーや多くの記号キーは，キーボードのホームポジションから遠い所に配置されているため，入力が難しくなり，キーボードの入力速度の低下だけでなく，入力エラーにも大きく影響すると考えられる．
- また，ユーザのキーボード入力能力を関わらず，数値キー配列を見ずに，入力するのは最も難しいとこの実験で明らかになった．これは，上記に述べたようにこのキー配列はホームポジションからの距離が遠いため，キーボードを見ずに入力するのは難しいからだといえる．
- 仮名漢字変換作業は，視覚的に変換候補の確認が必要なため，タッチタイピングのできるユーザでも入力する際に，他の場所に表示されている視覚的情報を同時に得ることは難しいといえる．
- 最後に，以上の問題が原因で，ビデオのような視覚的情報をキーボードでメモする場合，タッチタイピングのできる被験者でも，映像情報を見落とす可能性が非常に高いと分かった．

このように，素早い入力速度が要求されるタスクや，映像情報から重要な内容をメモすることが要求されるタスクにおいては，キーボードより手書きの方が有効にメモがとれることが明らかになった．そのため，物書きのような知的活動の初期段階においては（思いついた貴重なアイディアや，様々なメディアから関連する情報をメモとして記入し，物書きに必要な情報を収集する段階），メモをキーボードで入力するよりも，手書きで入力した方が，正確に，かつ十分に貴重な情報を入力することができるといえる．

第5章　動的メディアにおける集中力への影響及びペン入力の有効性

5.1　序論

知的活動の初期段階においては, 必要な情報を収集することは非常に重要な作業である. 自分で考えることでアイディアを思い付いたり，様々な情報資源から情報を収集するために，その情報を読んだり，聞いたり，見たりしながら，内容を理解し，必要な情報を記録しなければならない．このように，知的活動の初期段階においては，主に人間の内省的認知モードが使われているため，認知的負荷は非常に大きく，高い集中力が必要である.

情報を理解する上では, アノテーションする行為は非常に重要である. なぜならば, 我々は本などを読む際に，不明瞭な部分を補うためや，情報の理解度を深めるために，アノテーションを付けるからである．この作業は，一般的にマウスよりもペンを用いる手書きアノテーションの方が自然に行えるため，有効だと報告され[Schilit 1998 ; Marshall 1997 ; Golovchinsky 2002]，最近では手書きアノテーションシステムに関する研究は数多く行われている[Bargeron 2003 ; Olsen 2004].

また，本論文の第 3 章及び第 4 章では，頭の中に思い付いたアイディアや，音声・ビデオの情報源か情報を記入して収集する作業に関しても，手書きで入力した方がキーボードで入力するより入力したメモが十分で，かつ正確であることが明らかになった.

ペン入力は知的活動の初期段階作業において，上記に述べたような情報理解とメモ入力だけでなく，内省的認知タスクに必要な集中力の向上も可能だと我々は考える．なぜならば，黒板に指示棒を指し，聞き手の集中力を高めるのと同様[清水 1981 ; 持田 1996]，読書のような内省的認知タスクにおいては，ペンでアノテーションをすることや，ペンで指しながら読むことなどによって一点に読者の集中が集まり，読解作業の効率を上げるためには，有効だと考えられる．本研究では，この効果をペン先効果と名付ける．しかし残念ながら，手書きアノテーションの効果や，文書作成時・メモ入力時における手書き入力の効果に関する研究が様々な方面から研究されているが，集中力におけるペン先効果について定量的に分析し，明らかにした研究はない.

また，最近では情報技術の発展により，動画やアニメーションのような動的メディアを作成するためのツールが多く開発されている．一般ユーザでも容易に動的メディアを作成

することができ，様々な分野に使用されている．このような動的メディアは，静的情報よりも目立ち[Marx 1996 ; Bartram 2003]，情報を伝えるために効率的だ[Paivio 1986 ; Mayer 1992 ; Mayer 2001]と言われているため，デジタル教材やウェブバナーなど幅広く使用されている．Marx[Marx 1996]が，ウェブバナーをアニメーション化にすることによって，ユーザの注意を引き付ける力が 30〜40%増加すると報告した．また，アニメーション化されたウェブバナーはユーザの記憶に長く残ると報告した研究もある[Hamlin 1998].

しかし，このような動的メディアは，その利用指針が未だに定まっていないため，むやみに利用すると，場合によってユーザの内省的認知タスクへの集中力や注意などが阻害されてしまう可能性がある．例えば，最近では，ウェブバナーがユーザの検索・閲覧活動を邪魔している知見が得られている[小俣 2006]．残念ながら，このような動的メディアがどれぐらいユーザの集中力・注意を阻害しているかを定量的に分析し，明らかにした研究がない．

また，ウェブバナーのような動的メディアの使用は，一つのビジネスモデルになっており，例えば動的メディアがユーザのメインタスクへの集中力・注意を阻害するという結果が得られても，アニメーション化されたウェブバナーがなくなることはないだろう．そのため,ユーザ自身が求める情報の所に十分に集中できるような支援をしなければならない.デジタル教材のようなデジタルコンテンツも同様で，情報を理解する上では，静的情報よりも，動的メディアの方が効果的であるため，これからも多く使用されるだろう．

本研究では，この 2 つの問題点に焦点を当て，まず動的メディアがどれぐらいユーザの集中力・注意を影響するかを分析し，定量的に評価を行う．その後，ペン入力を用いることによってユーザがどれぐらい動的メディアの影響を抑制し，メインタスクに集中できるかを分析し，ペン先効果を定量的に明らかにする．

5.2 関連研究

手書きアノテーションや手書き入力に関する関連研究は，第 2 章及び第 3 章で詳細に述べたため，ここではこれについて関連研究を省略する．しかし，これらの研究から，手書きアノテーション・入力の効果に関する研究が様々の方面から研究されているが，ペン先効果がユーザの集中力を向上させることを定量的に分析し，明らかにした研究がないことが分かった．

以下は，動的メディアについての関連研究について述べる．動的メディアの評価に関する研究の多くはウェブバナーに注目している．小俣らは，閲覧者のウェブバナー広告への不快感を調査した．その結果，アニメーションのあるウェブバナーは閲覧者を不快にさせる傾向があることが分かった[小俣 2006]．しかし，この研究は主にウェブバナー広告のように情報が含まれるメディアを実験刺激として利用したため，この影響は“アニメーションの動き”によるものか，それとも“情報の内容”によるものかを明確に分離することができない．

Zhang[Zhang 2000]は，アニメーション化されたウェブバナーの影響を様々な視点から分析した．この研究により，主タスクに関連のあるウェブバナーはユーザの作業に大きく影響することが確認された．また，刺激の強い色で構成されたウェブバナーの影響が大きく，ウェブバナー及びウェブサイト設計する際に注意が必要と報告した．

また，Bayles[Bayles 2002]は，アニメーション化されたウェブバナー広告の効果を分析した結果，アニメーションがある場合とない場合との間においては，ウェブバナー広告の再生率及び再認率の違いに有意差が見られないことを示した．この結果は，アニメーション化されたメディアがユーザの記憶に長く残るという研究[Outing 2004]の結果と異なり，アニメーション化されたメディアがユーザの記憶を影響しないことを示す．

以上の研究と異なり，Bartram[Bartram 2003]はユーザの気を引くために，アニメーション化されたアイコンのガイドラインを報告した．報告の中に，移動するアニメーションが最もユーザのメインタスクを阻害することが分かった．しかし，この研究では，アニメーションの影響はユーザの主観的評価から得られた結果であり，定量的ではない．

このように，ウェブバナーを基準にアニメーションンの影響を分析した研究が多いが，そのほとんどが何らかの意味的情報が含まれるウェブバナーを使用するため，純粋にアニメーションの影響を評価することができないと考えられる．また，アンケートやサーベイを用いた研究が多いため定量的に分析し，動的メディアの影響を分析する研究が少ない．

5.3 本研究の目的とアプローチ

関連研究を分析した結果，以下の 2 つの問題点があると分かった．

- アノテーションの効果に関する研究が様々の方面から研究されているが，ペン先効果がユーザの集中力を向上することを定量的に分析し，明らかにした研究がない．
- 動的メディアの影響を分析した研究が多いが，そのほとんどはウェブバナーのように意味的情報が含まれるものを使用したため，純粋に動的メディアの影響を評価することができないと考えられる．また，アンケートやサーベイを用いた研究が多いため，動的メディアの影響を定量的に分析し，明らかにした研究が少ない．

本研究では，この 2 つの問題点に焦点を当て，まず，ペン入力を用いることによってユーザがどれぐらい動的メディアの影響を抑制し，メインタスクに集中できるかを分析し，ペン先効果を定量的に明らかにすることを第 1 の目的にする．次に，動的メディア自体がどれぐらいユーザの集中力・注意を影響するかを分析し，定量的に評価を行うことを第 2 の目的にする．

本研究は関連研究と異なり，まず動的メディアをウェブバナーに限らず，情報を持たない動的オブジェクトを刺激として採用した．また，本研究に用いたタスクは，関連研究のように読書タスクや検索タスクなどではなく，単純な計算タスクで刺激的応答だけで実行できる体験的認知タスクに焦点を当て，新しいアプローチを取っている．その理由は，以下の 2 つである．

- まず，読書タスクを用いると，文書を読んで理解する思考が含まれるため，純粋に動的メディアにおける集中力への影響を分析することができないと考えられる．
- また，検索タスクでは，解答を見つけるために，視線をすでにまばらに動かしているため，集中力を分析することは困難だと考えられる．

更に，本研究では，動的メディアにおける集中力への影響だけでなく，この影響を抑制し，被験者の集中力を向上させるためにペン入力がどれぐらい有効かを定量的に分析し，検証する．具体的に，本研究は以下の 2 つのコア実験から構成される．

- 実験 I : 動的メディアにおける影響の検証実験（目的 2 に対応する）
  体験的タスクに着目し，動的メディアにおける集中力への影響を定量的に分析して明らかにする．
- 実験 II : 集中力とペン入力の関係に関する検証実験（目的 1 に対応する）
  動的メディアにおける集中力への影響が明らかになれば，この問題を抑制し，集中力を向上させるためにペン入力がどれぐらい有効かを定量的に分析して明らかにできる．

5.4　実験 I：動的メディアにおける集中力への影響に関する実験

本実験の目的は，動的メディア自体がどれぐらいユーザの集中力・注意に影響するかを定量的に分析し，明らかにすることである．以下は，この実験の詳細，及び結果を述べる．

5.4.1　実験の設計

本実験では，動的メディア自体がどれぐらいユーザの集中力・注意に影響するかを定量的に分析するために体験的タスクに着目した．ここでは，タスク中に動的メディアを表示し，集中力への影響を分析するために，１）タスクの効率及び２）タスク中の被験者の視線を分析するという 2 つのアプローチを取り，以下のように実験の設計を行った．

1. まず，タスクの効率の観点に関しては，動的メディアが体験的認知タスク中に表示されるとき，どれぐらいそのタスクの解答エラー数，正答数に影響するかを分析する．本実験においては，被験者に体験的認知タスクを与え，そのタスクを実行する際に，タスク領域の周りに動的メディアを表示し，タスクの集中力への影響を分析して明らかにする．結果を比較できるように，基準として動的メディアが表示されないときに同じ体験的認知タスクを行ってもらう．

2. 二つ目のアプローチとしては，被験者がタスクを実行する際に，彼らの視線の動きを分析することである．動的メディアがタスク中に表示されると，おそらく被験者がその動的メディアの動きに気がとられ，メインタスクから注意がそがれて集中力が減少する可能性があると考えられる．そのため，本実験においては，タスク中に被験者の視線を記録し，被験者がどれぐらい動的メディアを見ているか（＝タスクが阻害されるか）を分析する．

5.4.2　タスク内容

本実験で採用される体験的認知タスクは，以下の条件を満たさなければならない．

- 純粋に集中力への影響を分析するために，複雑な思考が含まれず，刺激的応答だけで実行できる単純な体験的認知タスクが望ましいと考えられる．また，タスクへの学習が容易にできるように，同じ作業が継続するタスクが望ましいと考えられる．

- 視線の分析が容易にできるように，常に被験者の視線が特定の狭い所に集中するような作業が望ましいと考えられる（視線が動的物体の方に移動した場合，すぐに観察できる）．

以上の条件を考慮した結果，本実験では，図 5.1 に示すように，性格検査などでよく使用される内田クレペリン検査［内田クレペリン］のタスクを採用した．作業としては，図

5.1 に示すように,「1 桁の足し算を行い，その結果の下 1 桁をずっと書いていく」という非常に単純な計算タスクである.

更に，本実験では上記タスクを行う際に，動的メディアが表示される，及び表示されないという 2 種類の刺激モード（サブタスク）から構成され，全体的にそれぞれのサブタスク 3 回ずつ行う.

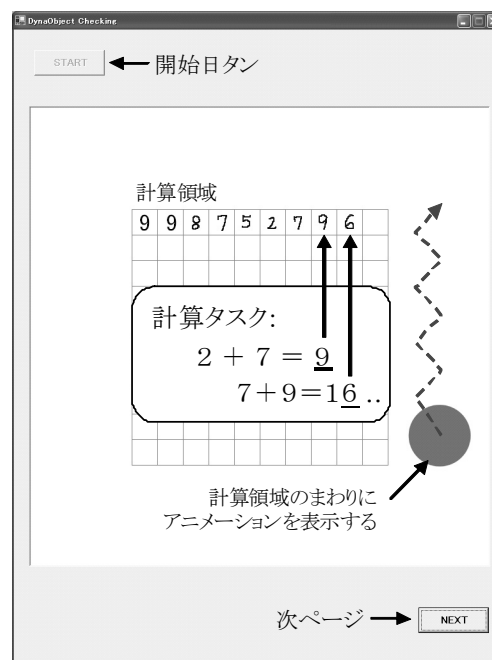



図 5.1　本実験に採用した体験的認知タスク
（動的メディア表示サブタスク）

5.4.3 実験環境

実験環境に関しては，動的メディアの分析・作成，実験用 UI の設計・設定，及び実験機器の設定に分け，以下にそれぞれの詳細について述べる.

5.4.4 動的メディアの分析及び作成

本実験では，できる限り得られる結果が幅広い動的メディアに適用できるように，動画やウェブバナーのように，特定の分野で，何らかの情報を持つものを採用しないようにした．そこで，我々は動的メディアを作成するために，一般的に使われるアニメーション効果（表現・表示方法）を分析した．ここでは，3 人の被験者で主観的な実験を行い，被験者にパワーポイント 2003 で設定できる 80 種類以上のアニメーション効果，及び MSN のウェブページから抽出した 10 種類のウェブバナーを被験者に見てもらい，それぞれのアニメーションに対する動きの印象(複数可)をキーワードで言ってもらうタスクを設けた.

表 5.1. 動的物体の動きの分類とそのキーワード

動きの分類		3 回以上出現したキーワード
物体が移動しない場合	*縮小・拡大*	ズームイン，ズームアウト，接近する，膨張する，縮む，等
	フェーディング	フェードイン，フェードアウト
	その他	*回転，点滅*
物体が移動する場合	*直線的*な動き	直線に，昇る，沈む，通過する，落ちてくる，など
	回る	回る，カーブする，*渦巻く*，など
	弾む	弾む，飛び上がる，はねる
スピード	物体が移動しない場合	遅： 少しずつ，徐々に 速： 突然，いきなり，すぐに，一瞬で，瞬間的，など
	物体が移動する場合	ゆっくり，速い
連続性		一回，往復する，繰り返す
コントラスト		明るくなる，暗くなる
色		色の変化，グラデーション

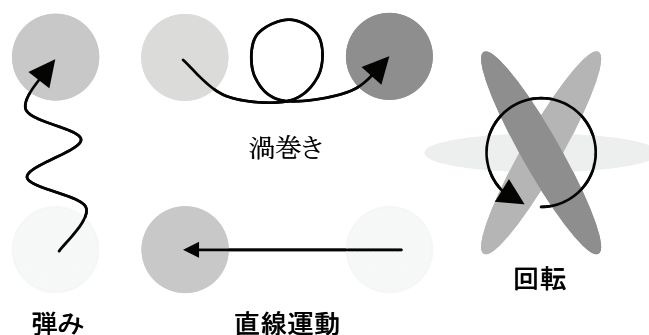



図 5.2　動的メディアのサンプル

その結果，被験者から合計 54 個のキーワードを収集し，その中から 3 回以上出現したキーワード（45 個）を抽出し，動きの表示・表現方法のグループ化を行った．具体的な結果を表 5.1 に示す．

まず，表 5.1 のなから，代表的なアニメーション効果を 7 つ選んだ（位置変化しない効果の中から，1）点滅，2）ズーム，3）フェード，4）回転，及び位置変化する効果の中から，5）直線的動き，6）弾み，7）渦巻きの計 7 種）．動きの向きや速度を組み合わせ，計 124 個の動的メディアを作成した．図 5.2 に，作成した動的メディアのサンプルを示す．

5.4.5 実験 UI の設計及び実装

実験用の UI を図 5.3 に示す．計算領域を 10×10 のマスで構成した．最初の 2 つの計算用数値は，以下の条件を考慮し，設定を行った．

- 同じ計算がすぐに出現しないように，1 個目の数値を奇数，2 個目の数値を偶数に設定した．
- プロトタイプ UI で数値の設定を検証した結果，60 個，及び 61 個目のマスに必ず最初の 2 つマスと同じ数値が出現するため, 前半 50 個と後半 50 個の計算作業を異なるものにした．

また，動的メディアが表示されるサブタスクでは，動的メディアは計算領域（10×10 の計算マス）の周りに表示される（図 5.3）．システムでは，次の動的メディアを表示するまでの時間をランダムにし，およそ 3～10 秒の間隔で表示されるように設定した．更に，手書き入力の場合，手で隠れて動的メディアが見えないケースがあるため，この問題点を解決するために，動的メディアの表示場所は，手で隠れることがなく，動的メディアがよく表示するワームゾーン（見やすいゾーン），及び手でよく隠れているため，あまり表示しないクールゾーンの 2 つに分ける（図 5.4）．

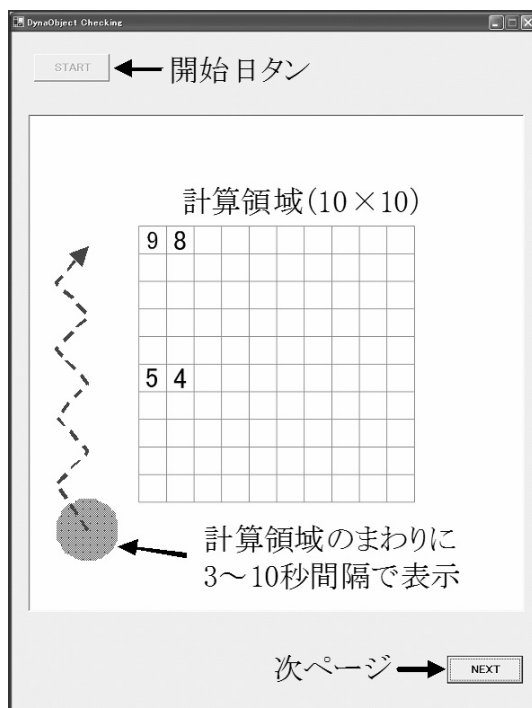



図 5.3　実験用 UI のサンプル

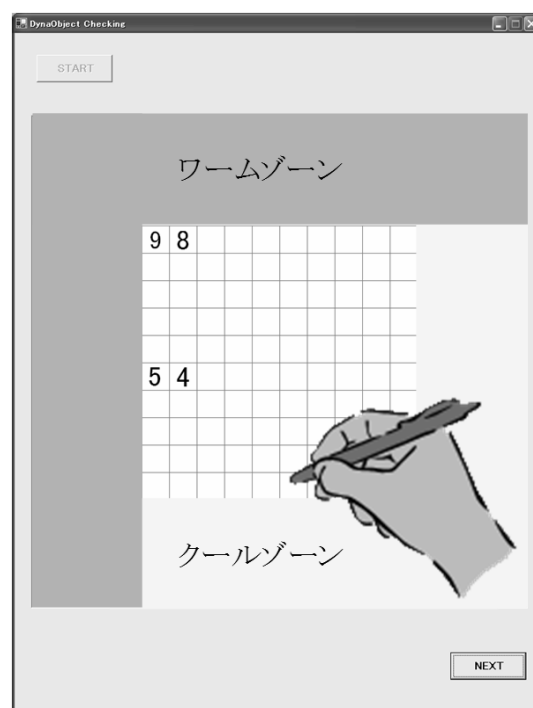



図 5.4　動的メディアの表示頻度の位置

5.4.6 実験環境の設定

本実験は，ペンタブレット液晶 Wacom Cintiq1800 を用いて実験を行った．また，被験者の視線情報を獲得するために，Nac 社製の視線検出装置 EMR-8 を使用し，被験者の両眼中央からディスプレイまでの距離をおよそ 40cm に保つようにした．実験環境の詳細を図 5.5 に示す．

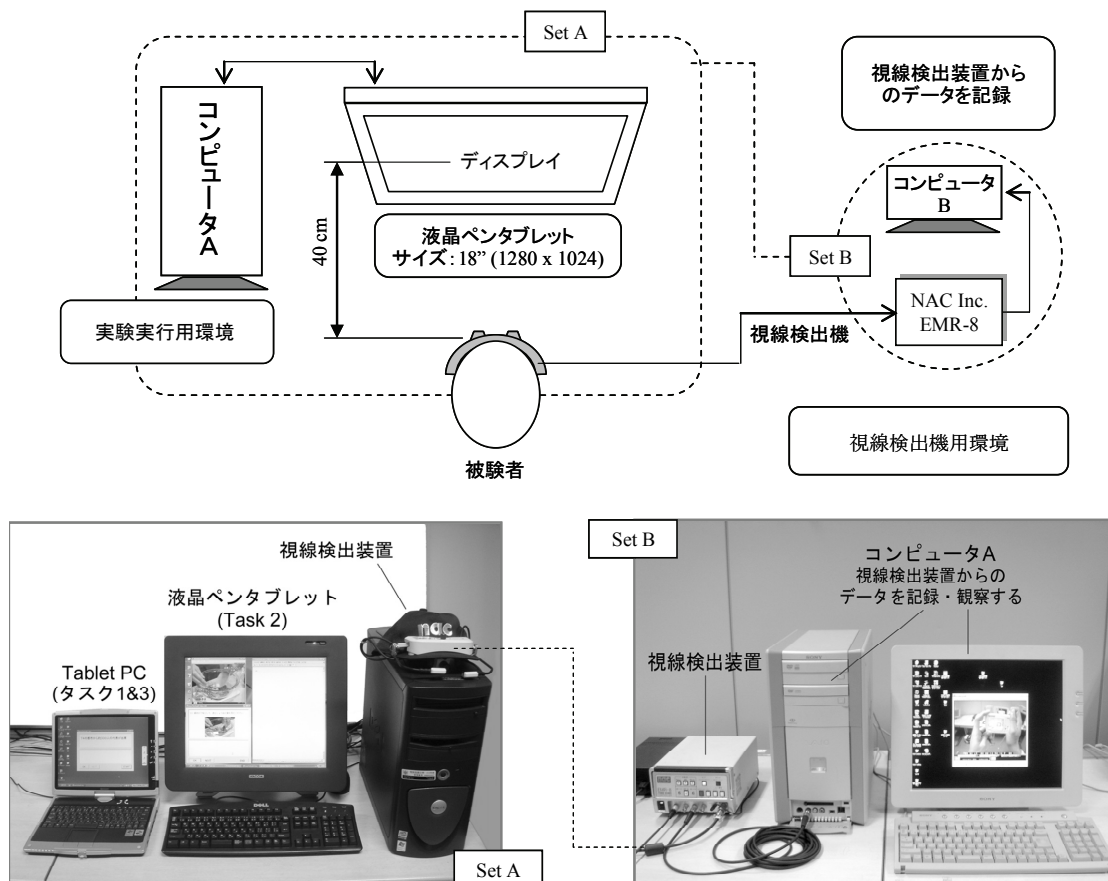



図 5.5　実験環境の設定

コンピュータの画面が正確に記録できるように，ディスプレイと頭上にある視線検出装置のカメラとの距離を 40cm 程度に設定し，タスクを行う前に毎回調整した．また，視線情報が安定に記録できるように，実験中にできるかぎり頭を大きく揺らさないように被験者に指示した．

5.4.7 実験手順及び計測項目

被験者は，15 名で，全員が右利きである．ほとんどの被験者がペンタブレット液晶を使用したことがないため，実験前に，5 分間の練習時間を与えた．その後，タスクのやり方を説明し，できる限り“早く，正確に”ペンで記入するように指示した．

被験者はそれぞれのサブタスク（動的メディア表示あり・なし）を 3 回ずつ行い，終了するまでの時間を 5 分間に設定した. サブタスクの順番は回数毎にランダムにした. また，各回数の間に 5～10 分間の休憩時間を設けた．

動的メディアが表示されるサブタスクでは，回数毎に作成された 124 個の動的メディアの中からランダムに 31 個ずつ選び（ただし，3 回のサブタスクで全ての 7 種類の動的メディアの表示する回数，及び時間の合計が均等になるようにシステムで実験前に予め調整した），3～10 秒の間隔で順々に表示するようにした．

また，被験者の視線分析を行うために，15 人の被験者の中から，視線情報がはっきり表示される 5 名を選択し，実験中に視線検出装置を付けて実験を行うようにお願いした．また，この 5 人の被験者に対して実験の最後に簡単なインタビューをし，実験中に気付いたことや，感じたことについて自由に回答してもらった．

計測項目に関しては，1）5 分間で記入した解答，2）30 秒間毎に記入された解答を記録し，エラー率や正答数について分析する．更に，被験者の視線を分析するために，視線検出装置から記録した画像情報を用いて分析する．視線分析のパラメータに関しては，5.5.3 項に述べる．

5.5 実験 I の結果

被験者は，研究室内の 22～24 歳の大学院生 15 名，全員が右利きである．以下は，それぞれのサブタスク（動的メディアあり及びなし）を 3 回，5 分間ずつ実行したときに記録したデータの分析から得られた結果を述べる．

5.5.1 エラー率

15 人の被験者が入力した解答を分析した結果, 平均的に動的メディアが表示されたときに行った計算は，動的メディアが表示されていないときと比べて計算エラーが約 80%多いという結果が得られた（図 5.6）．また，t 検定を用いて調べた結果，動的メディアが表示されるときの計算エラーと表示されていないときの計算エラーの間に，有意水準 1%で有意差が認められた（$t(14)=-8.315$, $p<0.001$）．

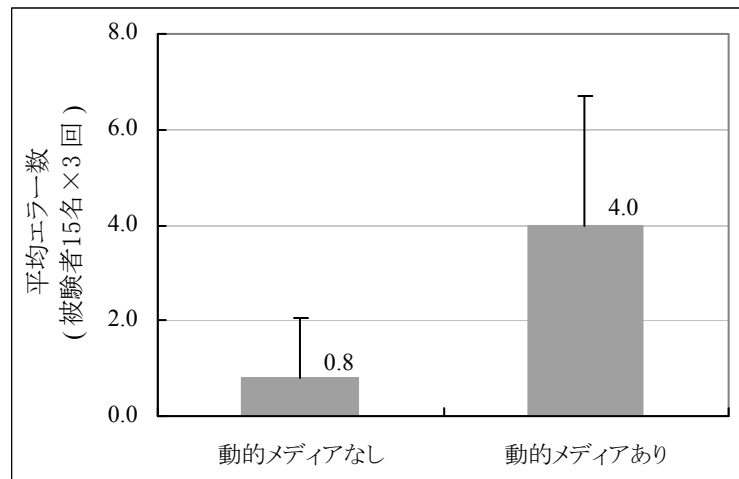



図 5.6　平均エラー数

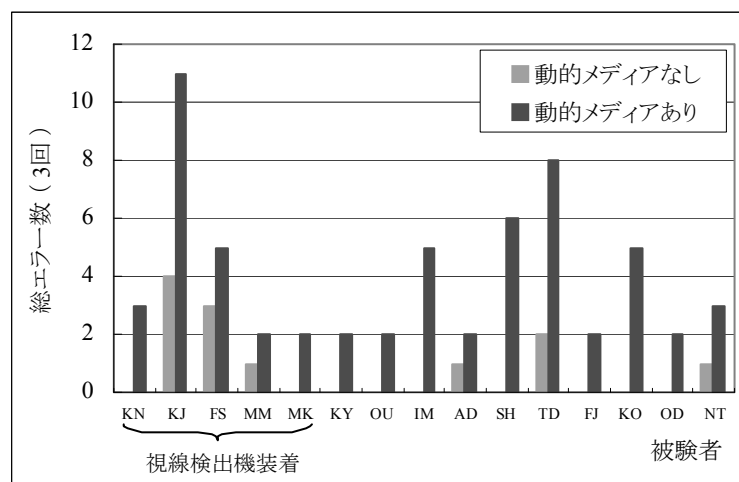



図 5.7　被験者毎の合計エラー数（EDD：視線検出装置）

更に，一人一人の被験者の合計エラー数を分析すると，図 5.7 に示すように被験者全員が，動的メディアが表示されていないときより，動的メディアが表示されるときに実行した計算の方が，計算ミスが多いことが分かった．また，図 5.7 から分かるように，動的メディアが表示されないタスクでは, 15 人の被験者の内 9 人も全然計算ミスを起こさないことが確認できた.

以上の結果から，動的メディアが表示されると，被験者の計算への注意が散漫になり，集中力が阻害されることが原因で，計算ミスを起こしやすくなると考えられる.

5.5.2 正答数

15 人の被験者が入力した解答数から計算エラーを除いて集計した結果, 平均的に被験者が動的メディアが表示されるときより，表示されないときの方が正答数が 10.2%個多いことが分かった（図 5.8）．また，図 5.9 に示すように，一人一人の被験者の平均正答数を集計した結果，全員が動的メディアが表示されるときよりも，表示されないときの方が正答数が多いという傾向が見られた．また，t 検定を用いて調べた結果，動的メディアが表示されるときの正答数と表示されていないときの正答数の間に，有意水準 1%で有意差が認められた（$t(14)=-9.297$, $p<0.001$）．

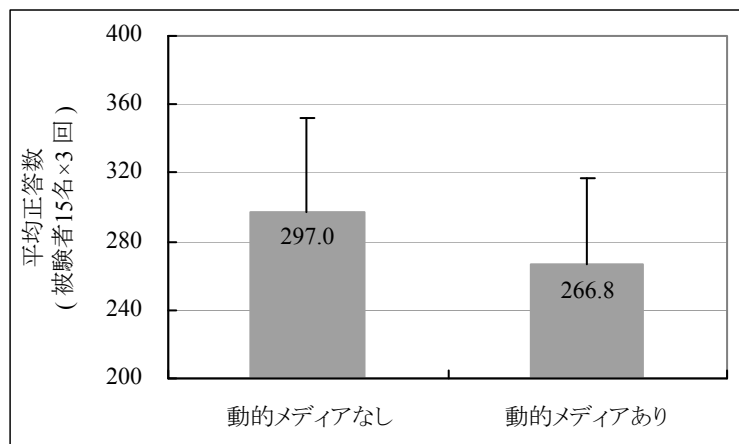



図 5.8　平均正答数

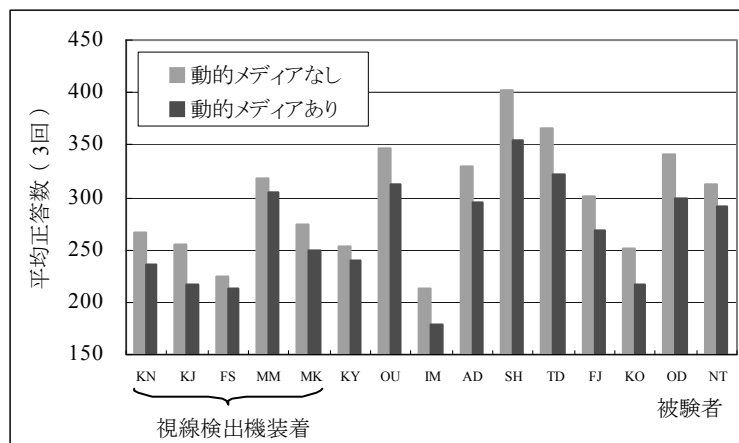



図 5.9　被験者毎の平均正答数

以上の結果から，動的メディアが表示されると，被験者の計算タスクへの注意・集中力が減少し，動的メディアが表示されないときよりも続けて正しい解答をすることが，困難になることが分かった．

5.5.3 視線分析

ここでは，視線検出装置の映像情報から記録した 5 人の被験者（KN,KJ,FS,MM,MK）が各サブタスクを 3 回ずつ（計 15 分／サブタスク）行ったときの視線を使用し，

1） 視線が少し乱れた回数：視線が一瞬半径 2 マス～4 マス以内に動いたときに 1 とカウントする．

2） 視線が大きく乱れた回数：視線が半径 4 マス以上動いたとき，または，図 5.10 のように不規則に動いたときに 1 とカウントする．

3） 実際に動的メディアを見た回数：視線が動的メディアの方に移り，その時，視線が動いた方向の左右 20 度に動的メディアが入ったときに 1 とカウントする．

を集計し，被験者の主タスクにおける動的メディアの影響を 3 つのレベルで分析する．図 5.10 は，上記の 3 パラメータの条件を示す．また，図 5.11 は，被験者の視線が実際に動的メディアの方に移った時のシーンを示す．

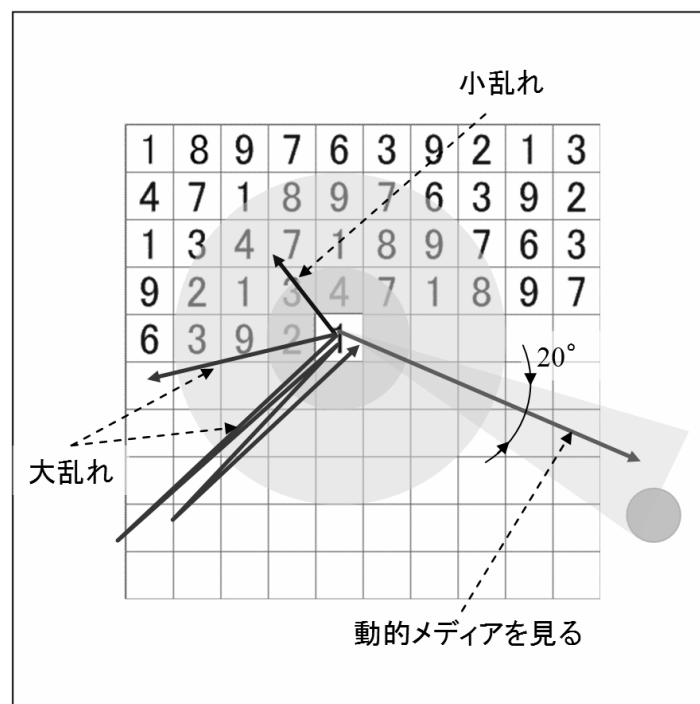



図 5.10　視線分析のパラメータの条件

まず，タスク中に被験者の視線が全体的に乱れた回数を集計し，動的メディアが表示されるときと表示されないときの差を分析する．分析の結果は図 5.12 に示す．分析した結果，動的メディアが表示されない場合と比較したら，動的メディアが表示されたときの方が被験者の視線の乱れが全体的に 42.3％も多かったと分かった．t 検定を用いて調べた結果，

この差は有意水準1%で有意差が認められた（t(14)=-3.872 p<0.01）．また，動的メディアが表示されたサブタスクでは，視線の乱れが小さいパラメータに関しては 29.5％（t(14)=-2.971, p<0.05），視線の乱れが大きいパラメータに関した 68.4%（t(14)=-7.136, p<0.05）も動的メディアが表示されないサブタスクより多いという結果が得られた．

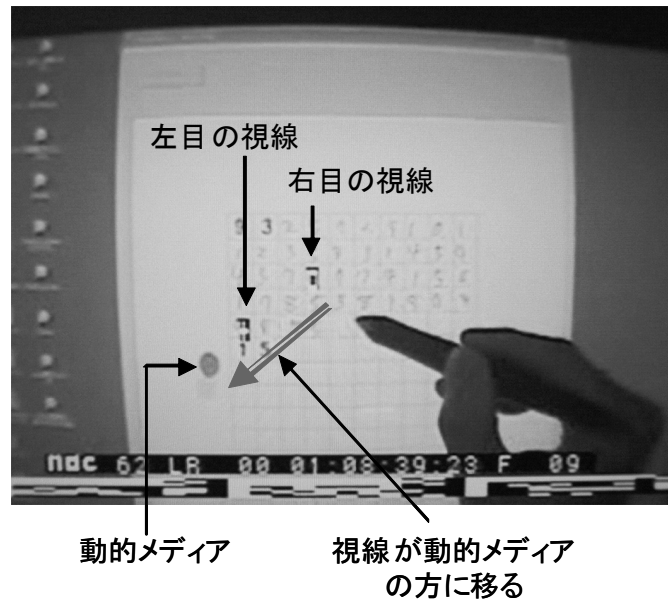



図 5.11　視線検出装置からの画像情報のサンプル
（視線が実際に動的メディアの方に移った時のシーン）

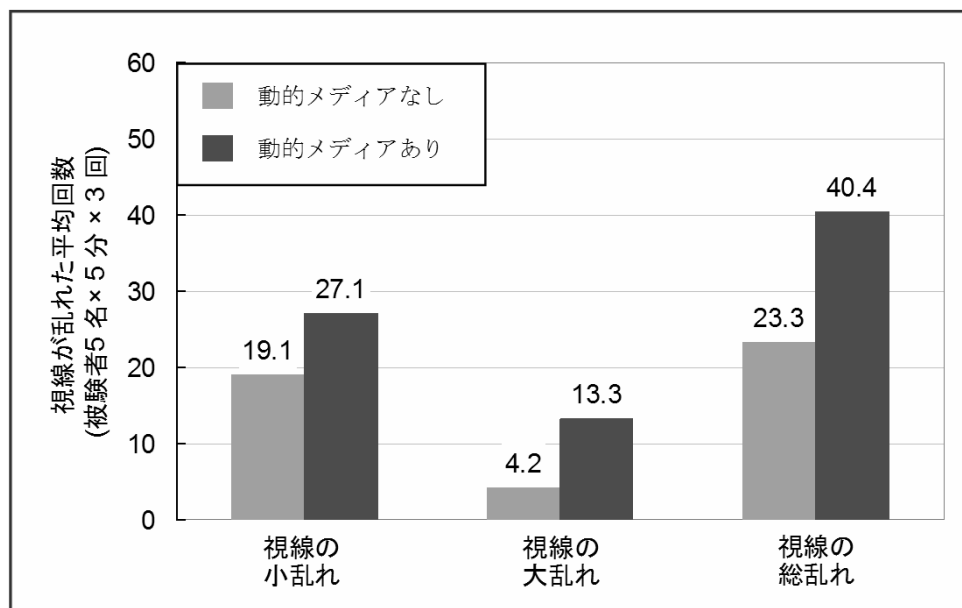



図 5.12　タスク中に視線が乱れた平均回数－2 レベル

最後に，動的メディアが表示されたときに（31 回），被験者が実際に動的メディアを見た回数, 及び動的メディアの方に視線が移らないが, 小さく・大きく乱れた回数を集計し, 動的メディアが被験者の注意・集中を影響する回数を分析した結果を図 5.13 に示す.

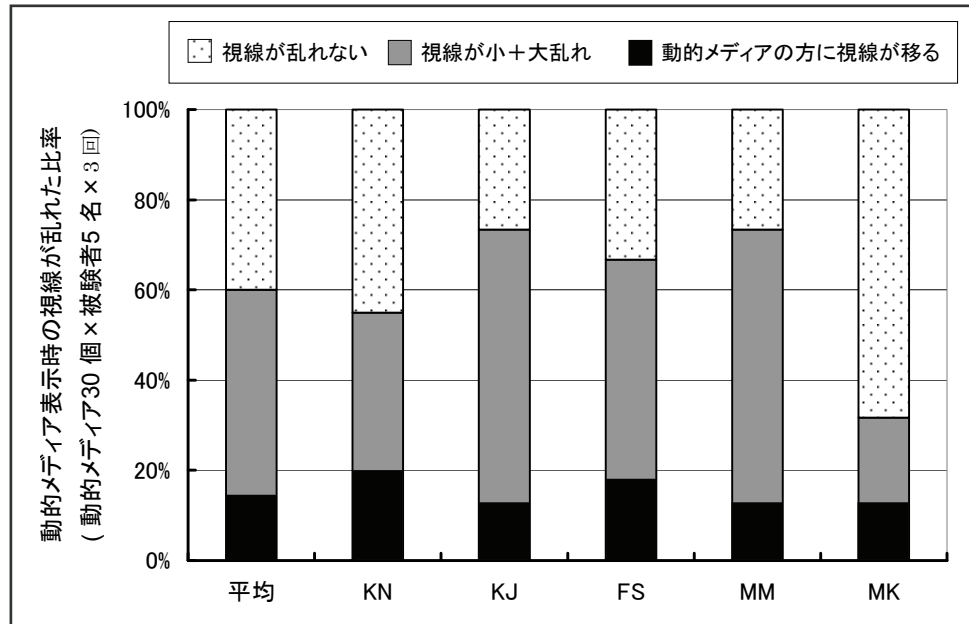



図 5.13　動的メディアが表示されたときに実際に影響を受けた割合
（影響：視線が乱れた＋引きずられた）

図 5.13 より, 平均的にタスク中に表示される 31 個の動的メディアの内, 60%程度（18.5 個）の動的メディアが被験者の集中・注意に影響することが分かった．また，タスク中に表示される 31 個の動的メディアの内, 18.5%程度で実際に被験者が視線を動かして動的メディアを見てしまうという結果も得られた.

5.5.3.1　アンケートの結果について

視線分析に関わった被験者が実験後に行ったインタビューの分析を行った結果，被験者を以下の 2 種類に分類できる.

＜グループ 1 動的メディアが苦手なタイプ（被験者 KN, KJ, MK）＞　このグループの被験者は，動的メディアが表示されると，物体の動きにどうしても気になってしまい，目がいきそうになる．そのため，計算作業へ注意が散漫して集中力が落ちてしまい，一瞬計算ができなくなるときが何回もあると答える被験者が多かった．被験者毎の平均正答数・エラー数などを分析と，確かに動的メディアが表示されるときのサブタスクでは，動的メディアが表示されないときのサブタスクより全員の評価が低かったということが分かった（p.99－図 5.7 と p.100－図 5.9）.

＜慣れてしまうと問題ないと感じるタイプ（被験者 FK, MM）＞　このグループの被験者によると，最初は確かに動的メディアの動きが気になって物体を見ないように努力したが，時間が経つに連れ動的メディアの存在に慣れてしまい，計算作業の方に集中できるようになると二人とも同じ回答をした．しかし，被験者毎の平均正答数・エラー数などを分析すると，逆に動的メディアが表示されるサブタスクの方が，動的メディアが表示されないサブタスクよりも平均正答数・エラー数などの評価が低くかったということが分かった（p.99－図 5.7 と p.100－図 5.9）. このように, 客観的な評価と主観的な評価が逆になり, 本人が動的メディアの影響に気付かないまま作業を行っていたため，結果としてタスクへの集中が減少して作業効率も下がり，最終的に思ったほどの作業評価が上がらなかったといえる．

また, 被験者 FK によると, タスクの後半になると, 集中力と体力が落ちてしまうため, 動的メディアの存在に気が取られやすくなり，主タスクに集中してコントロールするのは非常に難しいと答えた．そこで，被験者 FK の証言を確かめるために，疲労度と動的メディアの影響を分析することにした．ここでは，15 人の被験者が 0 秒から 5 分までの経過時間を 30 秒毎に分け，各 30 秒間の平均回答数について分析した．図 5.14 に示すように，0 秒から 4 分までの動的メディア表示ありと表示なしの間に，平均解答数の差がさほど大きくないことが分かった．しかし，タスク実行経過時間が 4 分を超えると，急激にその差が大きくなる傾向が見られ，この時点から動的メディアが表示されるサブタスクでは疲労が出始めるといえる．

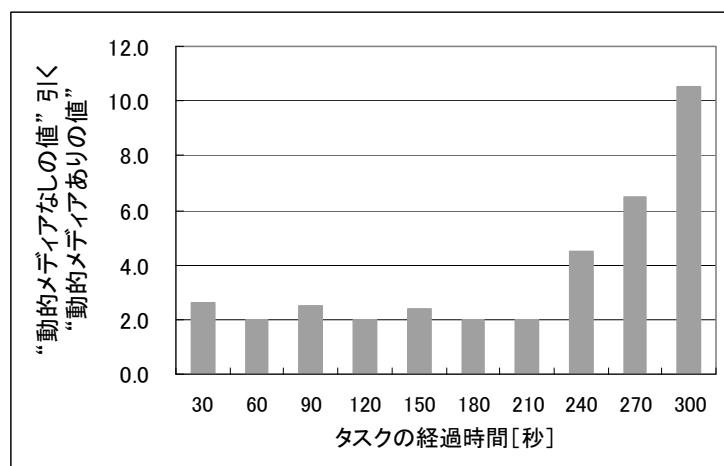



図 5.14　30 秒毎の平均解答数の差
(”動的メディア表示なしの値” － ”動的メディア表示ありの値”)

このように，視線の分析から，動的メディアがユーザの視線を引きつける力があると分かった．そのため，被験者がタスクに集中することが難しくなり，結果としては作業効率（正解率やエラー率）の評価が低下してしまう原因になりえるといえる．

5.5.4 実験 I の結論

本実験では，体験的タスクに着目し，動的メディアがどのようにユーザのタスクへの集中力に影響するかを明らかにするために，動的メディアにおける集中への影響に関する実験を行った．実験結果の分析から以下のことが分かった．

まず，正答数及びエラー率に関する分析においては，動的メディアが表示される方が表示されないときより結果の評価が低いと分かった．その主な理由は，注意の散漫及び集中力の減少にあると考えられる．なぜならば，動的メディアが表示されると，被験者の注意がその動きにそがれてしまい，メインタスクである計算作業に集中できなくなる可能性があるからである．

次に，本実験のタスクを例としてあげると，集中力を減らさないように意識をしながらタスクを遂行しなければならないため，体力的に，かつ精神的にも負荷がかかるため，動的メディアが表示されないときより疲労が早く出始める可能性があると分かった．

最後に, 5 人の被験者の視線を分析した結果, 上記に述べた 2 つの結果が明確になった．動的メディアはユーザの視線を引きつける力があり，きちんと設計しないと，ユーザの注意，集中が阻害され，作業の効率が低下する恐れがあると分かった．

以上の結果から, 動的メディアにおけるタスクの集中力への影響が明らかになったため, 以下は，この影響を抑制するためにペン入力がどれぐらい有効かを分析することにした．

5.6 実験 II : 集中力とペン入力の関係に関する検証実験

今までの研究では，情報を理解する上では手書きアノテーションが有効であることと，メモの入力作業においてはキーボードよりも手書き入力の方が有効であることが分かった．しかし，ペン入力の有効性はこの 2 つの作業だけでなく，内省的認知タスクに必要な高い集中力を向上させる力もあると考えられるため，内省的認知タスクを必要とする知的活動の初期段階作業においては有効だといえる．なぜならば，黒板に指示棒を指して聞き手の集中力を向上させるのと同様[清水 1981 ; 持田 1996]，読書のような内省的認知タスクにおいては，ペンでアノテーションをすることや，ペンで指しながら読むことなどによって一点に読書者の集中が集まり，読書作業の効率を向上させるには有効だと考えられる．

そこで，本実験では主にペン入力がどれぐらい動的メディアにおけるタスクの集中力への影響を抑制することができるかを定量的に分析し，明らかにすることを目的にした．基本的に，実験内容，及び実験手順は，本研究における実験 I と同様に行われ．ここでは，手書きの有効性を明らかにするために，実験 I のペン入力を用いた条件（上記に述べてき

たもの）の結果と，他の入力媒体を用いたときの実験と比較する必要がある．本実験では，実験 I のペン入力を用いた条件の結果と比較するために，今回は入力媒体として音声入力を採用した．ただし，音声入力する際に，音声認識エンジンを使用せず，実験中に実験者が被験者の回答を聞き，入力する；Wizard-of-Oz 手法を採用する．その理由は，現在の音声認識エンジンの性能はまだ低く，今回の実験のように，素早く入力する必要がある場合は，誤って回答が認識される可能性が高いと考えられるからである．

被験者は以前の実験に参加した 15 人を採用し，同じく視線検出装置を装着して実験を行う被験者に関しても以前の実験と同じ者を採用する．また，今回の実験では，被験者の回答を聞き，実験者が入力しなければならないため，実験前に，十分な練習時間を設け，お互いが納得するまで，練習を行う．

分析項目に関しては，実験 I と同様，エラー数，正答数，及び視線分析の 3 つのパラメータである．以下に，分析した結果を述べる．

5.6.1 実験 II の結果

実験 I と同様，被験者は研究室内の 22～24 歳の大学院生 15 名，全員が右利きである．以下は，それぞれのサブタスク（動的メディアあり及びなし）を音声入力で 3 回，5 分間ずつ実行したときにログしたデータの分析から得られた結果を述べる．

5.6.1.1 エラー率

15 人の被験者が入力した解答を分析し，音声入力のエラー数の結果とペン入力のエラー数の結果を並べて比較する（図 5.15）．まず，音声入力のエラー数における動的メディア表示あり・なしの差について分析する．

ペン入力と同様，平均的に動的メディアが表示されたときの方が動的メディアが表示されないときより，エラー数が多いと分かった．次に，それぞれの入力手法の差について分析すると，音声入力では，動的メディア表示あり・なしのエラー数の差は約 90%多かった（$t(14)=-6.499, p<0.01$）に対し，ペン入力は 60%程度（$t(14)=-8.315, p<0.001$）に抑えることができた．また，動的メディアが表示されたときのエラー数は，音声入力のエラー数はペン入力のエラー数のおよそ 3 倍にも及んだことが分かった．

この結果により，タスク中に動的メディアが表示されるにもかかわらず，音声入力よりペン入力の方が集中力を高く維持することができると考えられる．その結果，タスクに十分な集中力を与えることができるため，エラー数を抑えることもできる．以上のことをまとめると，集中力を維持し，エラー数を減らすためには，手書き入力の方が有効であることが確認できた．

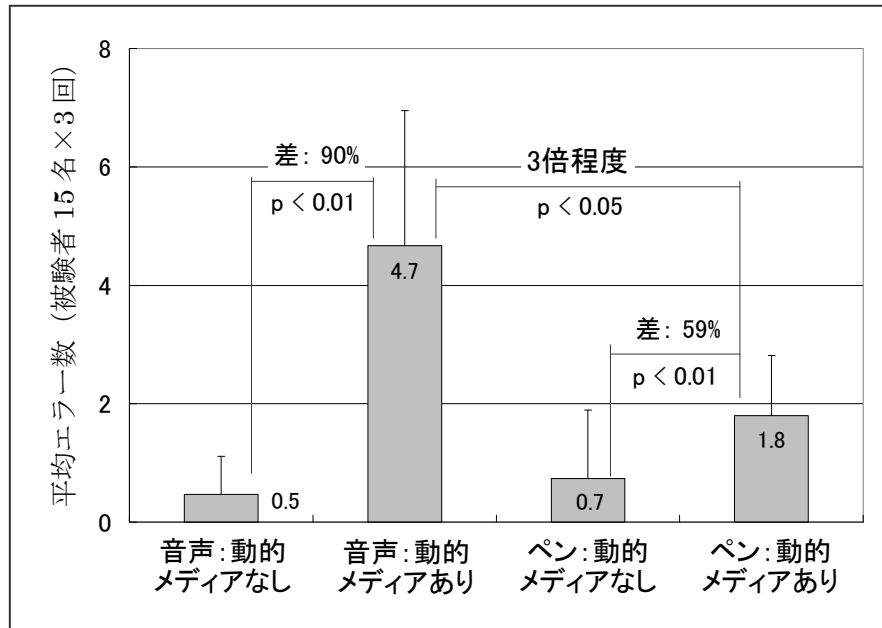



図 5.15　音声・ペン入力による平均エラー数

5.6.1.2　正答数

正答数についてもエラー率と同様の方法で分析した．音声入力に関しては，動的メディアが表示されない方が，正答数が 10%程度（t(14)=-6.068, p <0.01）多いと分かった（図 5.16）．一方，ペン入力の結果と比較すると，確かにペン入力の方がより多く正答数を入力することができるが，実際は両方の入力方法が全く異なるため，このパラメータをそのまま比較することができない．そこで，それぞれの入力手法の動的メディア表示あり・なしの差について分析すると，音声入力もペン入力も，正答数の差がほぼ同じであり，10%程度であることが分かった．

この結果より，正答数に関しては，動的メディアの影響を抑えるために，ペン入力が有効ではないと分かった．しかし，今回のタスクでは，被験者が限界に近い速度で解答を行ったことと，両方の入力方法の認知的負荷が小さく差があまりないため，結果に差があまり生じないのは当然ではないかと考えられる．一方，両方の入力手法においては動的メディアが表示されたサブタスクの方が，動的メディアが表示されないサブタスクよりほぼ同じ程度で正答数が少ないため，入力手法を問わず，常に動的メディアが被験者のタスクへの集中力を阻害しているといえる．

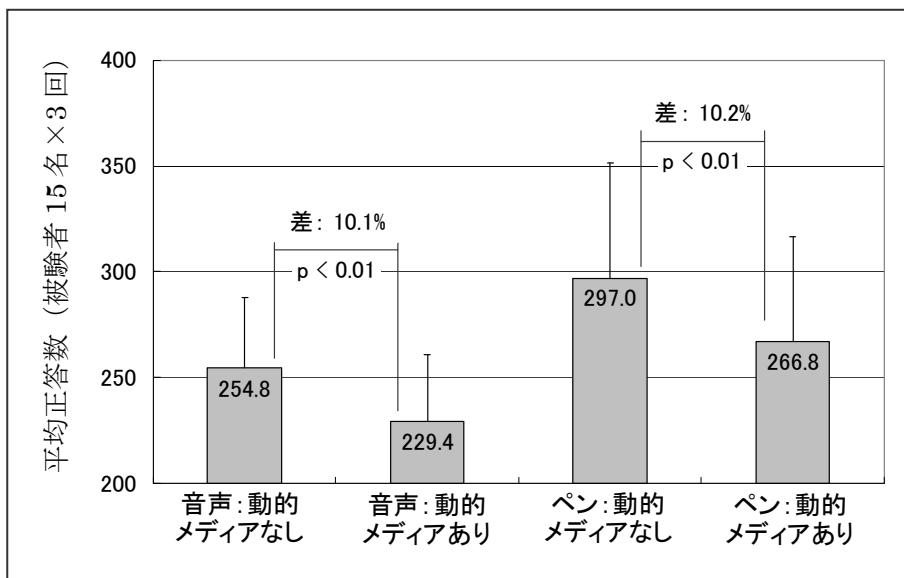



図 5.16　音声・ペン入力による平均正答数

5.6.1.3　視線分析

今回の分析では，実験Ⅰと同様の被験者（5名）で，彼らがタスクを実行する際に記録した視線について，1）視線が少し乱れた回数，2）視線が大きく乱れた回数，及び視線が乱れた総回数（小乱れ＋大乱れ）を分析する．分析の結果を図 5.17 に示す．

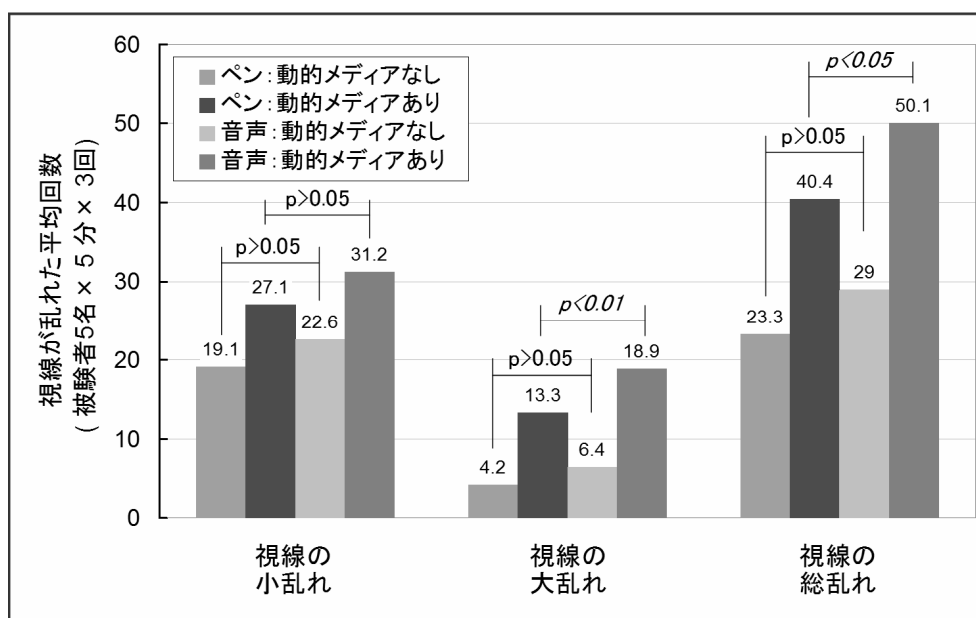



図 5.17　タスク中に視線が乱れた平均回数―2 レベル
(ペンと音声入力の違い)

図 5.17 から分かるように，動的メディアの有無を問わず，全体的に音声で入力したときの方が視線の乱れが多かったという結果が得られた．そこで，動的メディアが表示されるときの視線の乱れについて分析すると，最も差がはっきりしたのは，視線が大きく乱れたときの差であり，有意水準 1%で有意差が認められた．また，視線の乱れが小さい場合，ペンと音声の間に差が認められなかったが，視線の乱れの総合計を見ると，音声の方が約20%多かったということが分かった．

このように，手書き入力よりも音声入力の方が動的メディアにおける影響を大きく受けており，タスクへの集中力が阻害されたため，視線の乱れが多く起こっている．一方動的メディアが表示されたサブタスクでは，全体的に手書き入力の方が音声入力より，ほぼ20%程度集中力を高く維持することができるといえる．

5.6.2 実験 II の結論

全体的に，音声入力と比較すると，動的メディアにおけるタスクの集中力への影響を抑制するために，ペン入力の方が有効であることが分かった．特に，エラーを減らすことと，視線の乱れによって生じる集中力・注意の低下を抑制するために，手書き入力は有効であることが確認できた．

第6章　本研究の結論

知的活動においては，コンピュータの利用は人間の知的な創造活動の支援とはなりえず，逆に人間の持つ創造力を阻害しているという報告が多い．その主な原因は，知的活動の初期段階が適切に支援されていないからだと考えられる．知的活動の初期段階では，関係情報を収集し，整理してまとめる作業が重要であり，知的・創造的活動の質を大きく左右する．しかし，現在の情報システムでは，このような作業が適切に支援していないどころか，阻害してしまう時もあると言われている．

一方，手書き入力は自然で簡単に入力できるため，主に内省的認知モードを必要とする知的活動においては，有効であると考えられる．例えば，読書タスクでは，キーボードやマウスのような機械的入力デバイスより手書き入力（手書きアノテーション）の方がユーザの理解度をあげることができると報告されている．我々は，手書き入力は情報の理解だけでなく，思い付いたアイディアや，音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際にも有効と考える．更に，指示棒のように，ペン入力はユーザの集中を一点に集める力があると考え，知的活動を行う際にタスクへの集中力を維持・向上させるために有効とも考えている．

そこで，本研究では知的活動における手書き入力の有効性を検証するために，知的活動の中で最も重要な初期段階に着目し，3 つの実験を行った．本研究では，まず，知的活動の初期段階において，メモを取る作業，及びタスクへの集中力を維持・高めるには，手書き入力が有効であることを明らかにした．そして，日本語でメモを取る際に，キーボードが知的活動を阻害する要因についても，本研究では定量的に分析し，明らかにした．最後に，本研究とは直接に関係ないが，動的メディアにおけるタスクの集中力への影響についても定量的に分析し，明らかにした．具体的な内容は，以下に述べる．

<u>実験１：日本語のメモ書き作業における手書き入力の有効性</u>

本実験の目的は，思い浮かんだアイディアや音声・動画のような動的メディアからの重要な情報をメモとして入力する際に，手書き入力が有効かどうかを定量的に分析し，明らかにすることである．分析した結果，以下のことが分かった．

まず，メモ書きにおける入力速度に関しては，文の長さが短い場合は手書きとキーボードの間にあまり差が見られないが，文が長くなるにしたがい，キーボードで入力された文

の方が手書きよりも遅くなり，その差が明確になった．キーボードの入力速度が遅い原因は次の 2 つにあると考えられる．まず，キーボード入力では，変換キーや訂正キーなど多くの特殊キーが必要になり，この操作に多くの時間が費やされる可能性がある．もう一つの理由は，キーボードで入力する際に，入力ミスが起こりやすく，誤りを訂正するために多くの時間が必要になる可能性がある．特に，文の長さと訂正箇所数の関係を分析した結果，文の長さを問わず，短い文でもキーボード入力の方が手書きより入力ミスが起こりやすいということが分かった．

次に，手書きで取ったメモはキーボードよりも内容が十分で，正確であることが明らかになった．また，手書きでは完璧に入力できた文，要するに全ての概念（重要な内容）が入力できた文の数は，キーボードよりもはるかに多いということが分かった．一方，概念が半分以下しか入力できなかった文については，キーボードで入力された方が多いということも分かった．その原因は仮名漢字変換作業にある可能性があり，要するに，キーボード入力の場合，仮名漢字変換などが必要となるため，手書きよりも認知的負荷が大きくなって一時記憶に負担がかかり，思いついた貴重なアイディアや，記憶した重要な内容などを忘れてしまい，正確に，かつ十分に入力することができない可能性がある．

最後に，ビデオ及び音声の内容を手書き及びキーボードで入力されたメモを比較すると，キーボードで入力されたメモの方が手書きで入力されたメモの内容より不十分であり，被験者のビデオ及び音声の内容に対する理解度も低かったということが分かった．その理由は，キーボードでメモを取る場合，無意識に視線がキーボードに向けられるため，映像情報の内容をメモする際に，その内容を見落とす可能性があるからである．

以上の結果をまとめると，メモ書きの作業においては全体的にキーボードよりも手書きの方が評価が高く，この作業における手書き入力の有効性が明らかになった．このことから，メモ書き作業が重要となる物書き作業のような知的活動の初期段階では，キーボードよりも手書きで作業を行った方が良いと考えられる．

実験 2：視線を用いたキーボード入力の問題の要因分析

キーボードでメモとして入力する際に，日本語入力では，仮名漢字変換操作や同音異義語選択操作など多くの問題を抱えており，知的活動を阻害していることを実験 1 により定量的に明らかになった．また，その要因についてもいくつか分かってきたが，そのほとんどが実験中に記録した実験データや実験中の観察の分析から推測された結果であり，定量的には明らかになっていない．本実験では，キーボード入力の問題・要因を定量的に明らかにするには，入力中の被験者の行動に着目し，それを分析するために，実験中の被験者の視線の動きをビデオ解析で分析した．分析した結果，以下のことが分かった．

まず，キーボード入力能力レベルの低いユーザは，入力するために頻繁にキーボードを見なければならない．更に，入力時のキーボードと画面の間の視線運動が非常に激しく，入力速度が遅くなるだけでなく，画面に集中することもできないと分かった．また，キーボードで入力する際に，アルファベットキーだけでなく，数値キーや記号キーなど様々なキーが存在するため，タッチタイピングのできる中級者ユーザでも，頻繁に自分の指が正しい位置にあるかどうかを確認しなければならないと分かった．

数値キーや多くの記号キーは，キーボードのホームポジションから遠い所に配置されているため，入力が難しくなり，キーボードの入力速度の低下だけでなく，入力エラーにも大きく影響すると分かった．また，ユーザのキーボード入力能力に関わらず，数値キー配列を見ずに，入力するのは最も難しいとこの実験で明らかになった．これは，数値キーの配列はホームポジションからの距離が遠いため，キーボードを見ずに入力するのは難しいからだといえる．

仮名漢字変換作業は，視覚的に変換候補の確認が必要なため，タッチタイピングのできるユーザでも入力する際に，他の場所に表示されている視覚的情報を同時に得ることは難しいといえる．この問題が原因で，ビデオのような視覚的情報をキーボードでメモする場合，タッチタイピングのできる被験者でも，映像情報を見落とす可能性が非常に高いと分かった．

このように，素早い入力速度が要求されるタスクや，映像情報から重要な内容をメモすることが要求されるタスクにおいては，キーボードより手書きの方が有効にメモがとれると明らかになった．そのため，物書きのような知的活動の初期段階においては（思いついた貴重なアイディアや，様々なメディアから関連する情報をメモとして記入し，物書きに必要な情報を収集する段階），メモをキーボードで入力するよりも，手書きで入力した方が，正確に，かつ十分に貴重な情報を入力することができるといえる．

実験３：動的メディアにおける集中力への影響及びペン入力の有効性

本実験では，２つの目的を持っており，それぞれの目的，及び分析から得られた結果は以下に述べる．

一つ目の目的は，ペン入力がどれぐらいユーザの集中力を維持・向上することができるかを分析し，定量的に明らかにすることである．実験を行い，分析した結果，全体的に，動的メディアにおけるタスクの集中力への影響を抑制するために，ペン入力が有効であることが分かった．特に，エラーを減らすことと，視線の乱れによって生じる集中力・注意の低下を抑制するために，手書き入力が非常に有効であることが確認できた．

二つ目の目的は，動的メディアの過度な使用により，タスクへの集中力にどれぐらい影響されるかを定量的に分析し，明らかにすることである．分析した結果，以下のことが分かった．

まず，正答数及びエラー率に関する分析においては，動的メディアが表示される方が表示されないときより結果の評価が低いと分かった．その主な理由は，注意の散漫及び集中力の減少にあると考えられる．なぜならば，動的メディアが表示されると，被験者の注意がその動きにそがれてしまい，メインタスクである計算作業に集中できなくなる可能性があるからである．

次に，本実験のタスクを例としてあげると，集中力を減らさないように意識をしながらタスクを遂行しなければならないため，体力的に，かつ精神的にも負荷がかかるため，動的メディアが表示されないときより疲労が早く出始める可能性があると分かった．

最後に，被験者の視線を分析した結果，動的メディアはユーザの視線を引きつける力があるため，きちんと設計しないと，ユーザの知的活動の作業への注意，集中力が阻害され，作業の効率が低下する恐れがあると分かった．

6.1 知的活動の初期段階における作業・支援システム設計のガイドライン

上記の 3 つの実験結果を踏まえ，知的活動の初期段階の作業を実際に実行する際と，及びこの作業のための支援システムを設計する際に，注意すべき点について（ガイドライン）以下にまとめる．

1. 頭の中に思い付いたアイディアを記録することが多いタスクにおいては，キーボードよりも手書きで入力した方が，貴重なアイディアを失わず，入力したアイディアがより十分で，かつ，正確である．
2. 人の話と音声メディアから重要な情報を記録しなければならないタスクにおいては，キーボードより手書きで入力した方が，入力したメモの十分さ・正確さだけでなく，理解度を高めることもでき，有効である．
3. 動画のような動的メディアから重要な情報を記録しなければならないタスクにおいては，音声情報と同様で，キーボードよりも手書きで入力した方が，入力したメモの十分さ・正確さ，かつ，理解度を上げるために有効である．
4. キーボード入力では，仮名漢字変換操作が原因で認知的負荷が大きくなり，タスクへの集中力も阻害される可能性があるため，上記の 3 つのタスクにおいて入力したメモが不十分で，理解度も低下する可能性がある．更に，動画のように映像情報が

含まれるメディアにおいては，映像情報をバースト的*11 に多く見落とす可能性があることに要注意である．

5. 高い集中力が要求されるタスクにおいては，手書き入力がユーザの集中を一点に集める力があり，集中力を維持したり，上げたりすることができるため，有効である．
6. 動画やアニメーションのような動的メディアの過度な利用は，ユーザのタスクへの集中力を阻害してしまう可能性があるため，使用する上では，きちんとした設計が必要である．

6.2 将来の展望

本研究における今後の展望として，読書タスクにおけるペン入力の有効性と，画面サイズとペン入力の関係性について議論する．詳細については，以下に述べる．

１．読書タスクにおけるペン入力の有効性

本研究では知的活動における手書き入力の有効性を検証するために，日本語メモ書きタスクに着目し，定量的に明らかにした．しかし，メモ書きタスクは，読書中のアノテーション行為とは異なるため，本研究の結果を用いて読書中のアノテーション行為においても手書き入力が有効であるとは言えない．

読書タスク中のアノテーション行為は，知的活動において非常に重要である．なぜならば，我々は本など読む際に，不明瞭な部分を補うためや，情報の理解度を深めるために，アノテーションを付けるからである．そのため，手書きアノテーションの有効性に関する評価研究[Schilit 1998 ; Marshall 1997]は数多く行われているが，そのほとんどは実験中の観察やアンケートなど，主観的なアプローチを取っているため，この問題が定量的に明らかになっていない．しかし，手書き入力が知的活動において総合的に有効であることを証明するために，読書タスク中のアノテーション行為における手書き入力の有効性を定量的に明らかにすることは欠かせないと考える．そこで，本研究では，この問題を定量的に分析し，読書タスクにおける手書きの有効性を定量的に明らかにすることを今後の課題として設ける．

２．画面サイズとペン入力の関係性

近年，情報技術の発展により，情報形態は紙からデジタル化の方向へ進んでおり，ハードウェアの分野においても様々な情報端末が開発され，幅広く使われている．例えば，教育の分野ではマルチメディア教材が主流になりつつあり，デスクトップ型やノート型パソコンだけでなく，サイズの小さい PDA や携帯電話なども情報端末として使われるように

*11 間欠的に起こること

なっている．しかし，PDA や携帯電話のような情報端末は，一度に表示できる情報が限られており，情報を理解する上では認知的負荷が大きくなり，その結果，人間の知的活動を妨げてしまう可能性があると考えられる．

本研究では，手書き入力が情報を補助するためだけではなく，コンテンツに対するユーザの集中力を維持・高めるためにも有効であることは定量的に明らかになっている．そのため, 上記に述べた PDA や携帯電話のような小型モバイル機器の欠点を抑制するために, 有効だと考えられる．そこで，本研究では, , 画面サイズとペン入力の有効性の関係について分析し，定量的に明らかにすることを今後の課題として設ける．

謝辞

本研究を行うにあたり，多くの方々多大なるご支援を頂きました．この場を借りて御礼申し上げます．

本研究の全過程を通して，直接懇切なる御指導，御鞭撻を賜りました指導教員である電気通信大学大学院情報システム学研究科の田野俊一教授に厚く御礼申し上げます．田野俊一教授は，知的・創造的活動を支援するシステムを始めとするユーザインタフェース技術に関わる広い知識に基づき，多方面からの御指導・御支援をして頂くだけではなく，本研究に関する国際・国内学会の論文投稿の際には，筆者の拙い原稿の水準を上げるため辛抱強くお付き合い下さいました．

本研究の遂行にあたり，有益な御助言と御鞭撻を頂きました電気通信大学大学院情報システム学研究科の橋山智訓准教授，市野順子助教，シナジーメディア株式会社の岩田満博士，日本大学生産工学部の山内ゆかり助教に心より厚く御礼申し上げます．

本論文の審査教員として加わって頂きました電気通信大学大学院情報システム学研究科の出澤正徳教授，多田好克教授，田中健次教授，植野真臣准教授は，本論文を完成するにあたり，論文の評価を高めるための再考を促す機会を与えて下さいました．

電気通信大学大学院情報システム学研究科の田野・橋山研究室の学生諸氏には，研究室ゼミや日々の議論の際に，それぞれの分野に根ざした有意義なご意見を提供して下さり，本研究の遂行にあたり筆者の視点を広げることにお手伝いして下さいました．また，本研究における認知実験の際に，貴重な時間を割いてご協力していただき，心より厚く感謝いたします．

また，本研究の全過程の留学生活を経済的・精神的に支援して下さるサトー国際奨学財団，ロータリー米山記念奨学会に心より厚く御礼申し上げます．このような支援がなければ，本研究を安心して遂行することができなかったと思います．

更に，電気通信大学船井デジタル情報家電プロジェクト事務員の伊藤生子様，同大学情報メディア学講座事務員の岸本雅代様は，貴重な時間を割いて本論文における日本語の添削を丁寧にして頂き，心より感謝いたします．

最後に，この挑戦に賛成し，日々暖かく見守り支えてくれた両親，そして最愛の角田絵巳子に心より感謝いたします．

関連論文の印刷公表の方法及び時期

[1] ムハマド・ズルキフリー, 田野 俊一, 岩田 満, 橋山 智訓. 日本語のメモ書き作業における手書き入力の有効性. 電子情報処理学会論文誌 Vol.J91-D, No.03, pp.771-783 , March 2008 （第 3 章の内容）

[2] Muhd Dzulkhiflee Hamzah, Shun'ichi Tano, Mitsuru Iwata, Tomonori Hashiyama. Effectiveness of Annotating by Hand for non-Alphabetical Languages, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems: CHI 2006, pp.841-850, Montreal, Canada, April 2006 （第 3 章の内容）

[3] Muhd Dzulkhiflee Hamzah, Shun'ichi Tano, Mitsuru Iwata, Tomonori Hashiyama. A Video Analysis of Eye Direction Movements: How Effective Handwriting is during Note-Taking Task. Proceedings of the Conference on Pacific-Asia Conference on Information Systems: PACIS06, pp.311-327, Kuala Lumpur, Malaysia, July 2006 （第 4 章の内容）

[4] Muhd Dzulkhiflee, 田野 俊一, 岩田 満, 橋山 智訓. キーボード入力時における視線の動きに関する定量的実験. ヒューマンインタフェース 2006, pp.565-570, September 2006 （第 4 章の内容）

[5] Muhd Dzulkhiflee, 田野 俊一, 岩田 満, 市野 順子, 橋山 智訓. 体験的認知タスクにおける動的メディアの影響に関する定量的実験. ヒューマンインタフェース 2007, pp.353-358, September 2007, （第 5 章の内容）

参考文献の印刷公表の方法及び時期

[Agenbroad 2003] Agenbroad, J. (2003). Character sets: Current Status and East Asian Prospects. In Journal of Library Automation, Vol.13, No.1, American Library Association, pp.18-35.

[Anderson 2004] Anderson, R.J., Hoyer, C., Wolfman, S.A., Anderson, R. (2004). A Study of Digital Ink in Lecture Presentation. In Proc. of CHI 2004, ACM Press, pp.567-574.

[Bargeron 2003] Bargeron, D., Moscovich, T. (2003). Reflowing Digital Ink Annotations. In Proc. of CHI 2003, ACM Press, pp.385-392.

[Bartram 2003] Bartram, L., Ware, W., Calvert T. (2003). Moticons: Detection, Distraction and Task. International Journal of Human-Computer Studies, Vol.58, No.5, Academic Press, pp.515-545.

[Bayles 2002] Bayles, M. E. (2002). Designing Online Banner Advertisements: Should We Animate? In Proc. of CHI 2002, ACM Press, pp.363-368.

[Berque 2006] Berque, D. (2006). An Evaluation of a Broad Deployment of DyKnow Software to Support Note Taking and Interaction Using Pen-Based Computers. In Journal of Computing Sciences in Colleges, Vol.21, No.6, Consortium for Computing Sciences in Colleges, pp.204-216.

[Crosby 1990] Crosby, M.E., Stelovsky, J. (1990). How Do We Read Algorithms? A Case Study. In Computer, Vol.23, No.1, IEEE Computer Society Press, pp.24-35.

[Golovchinsky 2002] Golovchinsky, G., Denoue, L. (2002). Moving Markup: Repositioning Freeform Annotations. In Proc. of UIST 2002, ACM Press, pp.21-30.

[Hamlin 1998] Hamlin, S. (1998). 10 Tips for Designing Effective Banner Ads. Available at: http://www.ddj.com/architect/184413121 (last visited on 16th October, 2008)

[Igarashi 1999] Igarashi, T., Matsuoka, S., Tanaka, H. (1999). Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design. In Proc. of SIGGRAPH 1999, ACM Press, pp.409-416.

[Kam 2005] Kam, M., Wang, J., Iles, A., Tse, E., Chiu, J., Glaser, D., Tarshish, O., Canny J. (2005). Livenotes: A System for Cooperative and Augmented Note-Taking in Lectures. In Proc. of CHI 2005, ACM Press, pp.531-540.

[Kasarskis 2001] Kasarskis, P., Stehwien, J., Hichox, J., Aretz, A., Wickens, C. (2001). Comparison of Expert and Novice Scan Behaviors During VFR Flight. In Proc. of the International Symposium on Aviation Psychology 2001. Available at : http://www.humanfactors.uiuc.edu/Reports&PapersPDFs/isap01/proced01.pdf (last visited on 16th October, 2008)

[Landay 1995] Landay, J.A., Myers, B.A. (1995). Interactive Sketching for the Early Stage of User Interface Design. In Proc. of CHI 1995, ACM Press, pp.43-50.

[Landay 1996] Landay, J.A. (1996). SILK: Sketching Interfaces Like Krazy. In Proc. of CHI 1996, ACM Press, pp.398-399.

[Law 2004] Law, B., Atkins, M.S., Kirkpatrick, A.E., Lomax, A.J., Mackenzie, C.L. (2004). Eye Gaze Patterns Differentiate Novice and Expert in a Virtual Laparoscopic Surgery Training Environment. In Proc. of ETRA 2006, ACM Press, pp.41-48.

[Li 2003] Li, Y., Landay, J., Guan, Z., Ren, X. and Dai, G. (2003) Sketching Informal Presentations. In Proc. of ICMI 2003. ACM Press, pp.234-241.

[Mackenzie 1991] Mackenzie, I.S., Seller, A., and Buxton, W. (1991). Comparison of Input Device in Elemental Pointing and Dragging Task. In Proc. of CHI 1991, ACM Press, pp.161-166.

[Marshall 1997] Marshall, C.C. (1997). Annotation: From Paper Books to the Digital Library. In Proc. of the ACM International Conference on Digital Libraries 1997, ACM Press, pp.131-140.

[Marx 1996] Marx, W. (1996). How to make web ads more effective. NetMarketing, Dec. 1, 1996.

[Mayer 1992] Mayer, R.E., Anderson, R.B. (1992). The Instructive Animation: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning. In Journal of Education Psychology, Vol.83, No.4, American Psychological Association , pp.484-490.

[Mayer 2001] Mayer, R.E. (2001). Multimedia Learning. Cambridge University Press.

[Miyazawa 1990] Miyazawa, A. (1990). Character Code for Japanese Text Processing. In Journal of Information Processing, Vol.13, No.1, Information Processing Society of Japan, pp.2-9.

[Morita 1987] Morita, A. (1987). On the Optimization of Japanese Text Input System and Keyboard System. In IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.J70-D, No.11, IEICE Japan, pp.2047-2057.

[Morita 1987] Morita, A. (1987). Quantitative Comparisons on Performances of Various Japanese Text Input Systems. In IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.J70-D, No.11, IEICE Japan, pp.2182-2190.

[Newman 2003] Newman, M.W., Lin, J., Hong, J.I., and Landay, J.A. (2003). DENIM: An Informal Web Site Design Tool Inspired by Observations of Practice. In Human-Computer Interaction, Vol.18, No.3, Taylor & Francis, pp. 259–324.

[Ohara 1997] OHara, K., and Sellen, A. (1997). A Comparison of Reading Paper and On-Line Document. In Proc. of CHI 1997, ACM Press, pp.335-342.

[Olsen 2004] Olsen, R.D., Taufer, T., Fails, J.A. (2004). ScreenCrayons: Annotating Anything. In Proc. of UIST 2004. ACM Press, pp.165-174.

[Outing 2004] Outing, S., Ruel, L. (2004). Observations on Advertising, EYETRACK III. Available at:
http://www.poynterextra.org/eyetrack2004/advertising.htm
(last visited on 16th October, 2008)

[Paivio 1986] Paivio, A. (1986). Mental Representations: A Dual Coding Approach. Oxford University Press.

[Piolat 1997] Piolat, A., Roussey, J.Y., Thunin, O. (1997). Effect of screen presentation on text reading and revising. International Journal of Human-Computer Studies, Vol.47, No.4, Academic Press, pp.565-589.

[Ramos 2003] Ramos, G., and Balakrishnan, R. (2003). Fluid Interaction Techniques for the Control and Annotation of Digital Video. In Proc. of UIST 2003, ACM Press, pp.105-114.

[Rehatschek 2001] Rehatschek, H. and Kienast, G. (2001). VIZARD- An Innovative Tool for Video Navigation, Retrieval and Editing, Proceedings of the 23rd Workshop of PVA 'Multimedia and Middleware'.

[Ren 2003] Ren, X., Tamura, K., Kong, J., and Zhai, S. (2003). Candidate Display Styles in Japanese Input. In Proc. of INTERACT 2003, IOS Press, pp.868-871.

[Schilit 1998] Schilit, B.N., Golovchinsky, G., and Price, M.N. (1998). Beyond Paper: Supporting Active Reading with Free Form Digital Ink Annotations. In Proc. of CHI 1998, ACM Press, pp.249-256.

[Song 2006] Song, H., Guimbretière, F., Hu, C., Lipson, H. (2006). ModelCraft: Capturing Freehand Annotations and Edits on Physical 3D Models. In Proc. of UIST 2006, ACM Press, pp.13-22.

[Stein 2004] Stein, R. Brennan, S.E. (2004). Another Person's Eye Gaze as a Cue in Solving Programming Problems. In Proc. of Multimodal Interface 2004, ACM Press, pp.9-15.

[Stoll 1996] Stoll, C. (1996). Silicon Snake Oil: Second Thoughts on the Information Highway. Doubleday.

[Suwa 1999] Suwa, M., Tversky, B. (1999). What Architects See in Their Sketches: Implications for Design Tools. In Proc of CHI 1999, ACM Press, pp.191-192.

[Tano 2003] Tano, S., Ogisawa, D., Iwata, M., and Sasaki, Y. (2003). DynaGraffiti: Hand-written Annotation System for Interactive and Dynamic Digital Information. In Proc. of HCI International 2003, Vol.2, Lawrence Erlbaum Associates, pp.781-785.

[Tano 2003] Tano, S., et. al. (2003). Godzilla: Seamless 2D and 3D Sketch Environment for Reflective and Creative Design Work. In Proc. of INTERACT 2003, IOS Press, pp.131-138.

[Torii 1999] Torii, K., Matsumoto, K., Nakakoji, K., Takada, Y., Takada, S., Shima, K. (1999). Ginger2: An Environment for Computer-aided Empirical Software Engineering. In IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.25, No.4, IEEE Press, pp.474-492.

[Uwano 2006] Uwano, H., Nakamura, M., Monden, A., Matsumoto, K. (2006). Analyzing Individual Performance of Source Code Review Using Reviewers' Eye Movement. In Proc. of ETRA 2006, ACM Press, pp.133-140.

[Umemuro 2004] Umemuro, H. (2004). Lowering Japanese Elderly Users' Resistance Towards Computers by Using Touchscreen Technology. In Journal of Universal Access in the Information Society, Vol.3, No.3, Springer, pp.276-288.

[Wang 2001] Wang, J., Zhai, S., and Su, H. (2001). Chinese Input with Keyboard and Eye-Tracking: An Anatomical Study. In Proc. of CHI 2001, ACM Press, pp.349-356.

[Ward 2003] Ward, N., Tatsukawa, H. (2003). A Tool for Taking Class Notes. International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 59, No.6, Elsevier, pp.959-981.

[Zhang 2000] Zhang, P. (2000). The Effect of Animation on Information Seeking Performance on the World Wide Web: Securing Attention or Interfering with Primary Tasks. Journal of Association for Information Systems, Vol.1, No.1, Association for Information Systems, pp.1-28.

[朝日新聞] 朝日新聞のデータベース: http://database.asahi.com/library/
(最終アクセス 2008 年 10 月 16 日)

[石川 2000] 石川九楊 (2000). 文学は書字の運動である.
文學界 (2000 年 2 月号).

[井上 2000]　井上ひさし（2000）. ワープロを捨てた作家たち. 週刊朝日（2000 年 2 月 18 日号）.

[岩山 2002]　岩山, 秋山, 中島, 石垣（2002）. 予測機能をもつ PDA 用手書き入力システム. インタラクション 2002, pp.45-46.

[魚井 1992]　魚井（1992）. 選択操作におけるペンとマウスの実験的評価. 情報処理学会第 43 回 HI 研究会報告, pp.33-40.

[内田クレペリン]　日本・精神技術研究所, 内田クレペリン検査: http://www.nsgk.co.jp/service-company/uk/ (最終アクセス 2008 年 10 月 16 日）

[太田 1998]　太田晴康（1998）. パソコン要約筆記入門「聞こえ」を支えるボランティア. 人間社出版.

[小俣 2006]　小俣, 鈴木, 今宮（2006）. 不快感の軽減を目指した Web バナー広告のデザインと評価. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, pp.121-1216.

[加藤 1998]　加藤, 中川（1998）. ペンユーザインタフェース設計のためのペン操作性の検討. 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.1536-1546.

[香村 2003]　香村, 田野, 岩田（2003）. メモ書きから清書までシームレスに適応するデジタルペーパーコンセプトの提案. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003, pp.125-128.

[清原 2003]　清原, 中山, 木村, 清水, 清水（2003）. 文章の表示メディアと表示形式が文章理解に与える影響. 日本教育工学雑誌, Vol.27, No.2, pp.117-126.

[坂口 1995]　坂口, 中野, 山本（1995）. 自動車運転中のドライバの視線検出. 電子情報通信学会技術研究報告(PRU95-28), Vol.95, No.44, pp.57-64.

[佐々木 2003]　佐々木, 田野, 荻澤, 岩田（2003）. ダイナミックかつインタラクティブなデジタル情報におけるアノテーションの教育応用と問題点. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003, pp.675-678.

[佐々木 2004]　佐々木, 田野, 橋山, 岩田（2004）. 発散・収集型思考を活性化するスケッチ支援システム. 電子通信学会ヒューマン情報処理研究会, pp.7-12.

[清水 1981]　清水, 柳田, 吉澤（1981）. OHP 提示における指示棒の効果. 日本教育工学会論文誌, Vol.6, No.1, pp.11-17.

[総務省]　総務所, 情報通信統計データベース: http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/statistics/statistics05a.html （最終アクセス 2008 年 10 月 16 日）

[田野 1999]　田野（1999）. 人間の知的で創造的な活動を支援・阻害する情報システムの分野. ヒューマンインタフェースシンポジウム 1999, pp.791-796.

[田野 2001]　田野（2001）. 高度ユーザインタフェースの研究動向と創造性への影響, 教育システム情報学会. Vol.17, No.4, pp.588-600.

[田野 2003]　田野（2003）. 創造的スケッチ支援のための 2 次元・3 次元空間シームレス連携環境の試作. ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.5, No.4, pp.111-121.

[田村 2003]　田村, 丁井（2003）. 大学生の文字入力速度の比較検討. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003, pp.81-84.

[中村 2008]　中村, 森本（2008）. 文字･図形情報入力速度の面から見たタブレット PC におけるペンインインタフェースの評価. ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.10, No.2, pp.155-1163.

[荻原 1991]　萩原, 加来（1991）. 運転者の視点に関する研究. 自動車技術, Vol.22, No.4, pp.112-117.

[伴野 1993]　伴野, 岸野, 小林（1993）. 瞳孔の抽出処理と頭部の動きを許容する視線検出装置の試作. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J76-D2, No.3, pp.636-646.

[広奥 2003]　広奥, 穴田, 林（2003）. 学生レポートの文章推敲を支援するシステムの検討(その１). 北海道情報大学紀要, Vol.13, No.2, pp.1-7

[増井 1996]　増井（1996）. ペンを用いた高速文章入力手法. インタラクティブシステムとソフトウェア IV: 日本ソフトウェア科学会 WISS 1996, pp.51-60.

[持田 1996]　持田, 福添, 中山, 清水（1996）. 学習テキストの提示方法に関する実験的研究－要約表示と指示棒による効果を中心として－. 日本教育工学会論文誌, Vol.19, No.4, pp.189-196.

[山田 1986]　山田, 福田（1986）. 画像における注視点の定義と画像分析への応用. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J69-D, No.9, pp.1335-1342.

[ワープロ検定]　日本情報処理検定協会, 日本語ワープロ検定試験: http://www.goukaku.ne.jp/examples/pub/test_wordpro.html (最終アクセス 2008 年 10 月 16 日)

付録 A:
手書きとキーボードの評価実験の資料
（タスク 1）

1．タスク１：セットＡの提示文

1. ＣＤＵはザクセン州で５３％
2. ＣＢＳソニーレコードが発売
3. 本部はブリュッセルにある
4. イオの表面にあるペレ火山
5. 光の速さは３０万ｋｍ／ｓ
6. １０００分の５ミリの微粒子
7. ネオジムの原子番号は６０
8. 建設用地約１.４ヘクタール
9. サハラは日本国土の２４倍
10. ハイラーはドイツの宗教学者
11. アサギマダラはマダラチョウ科の１つである
12. アテネオリンピックに２０２カ国が参加した
13. 日本でのソロコンサートは２度目である
14. 約３０分間フィッツウォーター報道官と会談した
15. 本書は,「サッチャリズム」を描き出した労作である
16. 「家計が破綻する」と答えた人は１３.１％いた
17. ジュラ紀は約１億５０００万年前におわった
18. 改修経費として１８２２万ドルが計上された
19. 雨量は平年の倍の１１６ミリを記録した
20. ７４の都市から約３００人の代表が出席
21. ベーカー国務，チェイニー国防，ブレイディ財務の各長官と会談する
22. 今年のゴールデンウイークに海外へは約４０万人が出かけた
23. 最も古い恐竜は約２億３千万年前に生きていたエオラプトルだ
24. リクルート社の献金が公表されていた１４４０万円を大幅に上回る
25. ＭＵＳＥＳ－ＡをＭ３Ｓ２型ロケット５号機で打ち上げる
26. メートル法では１９０７年に１ｃｔを２００ｍｇとさだめた
27. メタンガスは－１６２℃で液化し，体積は６００分の１になる
28. 気温が－５℃，風速が毎秒１０メートルならば指数は１５
29. 国防支出のＧＮＰに占める比率を９５年度には４％に引き下げる
30. １万６０００カットのなかから７７点が３０日まで展示中本研究に関する発表論文

2. タスク１：セットＢ提示文

1. ミツバチの体長は約１４ミリ
2. ２５年にパフラビー朝をたてた
3. ウィーン近くにあるドナウ川
4. 加盟国は２５カ国となった
5. カイロのアズハル大学
6. 東の空にみえる星はアポロン
7. 月から３５００ｋｍの写真
8. 南極の温度は－２０℃をこえる
9. 世界一小さい国バチカン
10. 地球から見える星はやく４千個
11. ウイルスのサイズは約１０～１００ナノメートル
12. ６１年に約３５００票差で連敗した
13. カーバイドは水と反応してアセチレンを発生する
14. 最も多いのが「７倍以上」で３４.３％あった
15. 高度３００ｋｍくらいで気温は約１２００℃になる
16. テレシコワさんが約７０時間宇宙にいた
17. ９０年代前半にユーロＦＥＤを設立することを主張
18. 日本のこどもの割合は総人口の１８.５％
19. フランスは現在５０基以上の原発を持つ
20. ７０年のルマン・レース優勝車であるポルシェ９１７
21. 画家ビンセント・ファン・ゴッホが死んで，今年で１００周年
22. 太陽がはなったエネルギーは８分２０秒後に地球にとどく
23. 我々の目にみえる光の波は１秒間に４００～８００兆回振動する
24. 分解能も１.５メートルと，面積的には映像の精度がほぼ３倍向上
25. ジャノメチョウの体調は４０～７０ミリ，７月～８月に多く見られる
26. 温度は－１０℃から１５００℃までが３％程度の誤差の範囲で測れる
27. ヤマメやニジマス（２５～３０センチ級）を２０匹釣り上げた
28. ８０年代初めの１８％から現在は１０％まで下がってきている
29. 消防法では引火点を２１℃，７０℃，２００℃で区分される
30. 一般市民の死者が２２０人，負傷者１２４人であることを明らかにした

3. タスク１：セットＣ提示文

1. 岩のドームはエルサレムにある
2. ハロゲンと３００℃で反応
3. タチアオイは下から咲く
4. 代表するメゾソプラノの１人
5. ベネラ１６号を金星におくり
6. 回収率７６.３％だった
7. 平均速度は３７００ｋｍ／ｈ
8. 世界で最小の国はバチカンだ
9. スイスの面積は４万平方ｋｍ
10. 城壁の長さは約５千ｋｍ
11. オフィスワーカー就業人口の４５％にあたる
12. 地球は太陽に対して２３.４°かたむく
13. 音は空気中に３３０ｍ／ｓｅｃの速さですすむ
14. ルイシコフ首相は候補になることを辞退した
15. インダス文字は全部で４００字ほどある
16. 今春闘の賃上げ要求を９.７％アップとした
17. ツアーは，２月末から４月末まで，全国１０カ所で
18. １年３カ月ぶりの個展を５日まで東京で開いている
19. トータル２７５島のうち，名のない島が９０
20. ラトビア共産党には約１７万７千人の党員がいる
21. 米国の「ザ・オースチン・カンパニー」の登録が認められた
22. 午前４時頃に北東の地平線からオースチンすい星が現れるはず
23. アサヒスーパードライ号の全長６０メートル，高さ２０メートル
24. 党員からの党費収入は４５億円にとどまり，前年より３０億円少ない
25. そこに仏客船アンドレ・ルボン（約１３,７００トン）もいた
26. ミューゼスＡは直径１.４メートル，高さ０.８メートルの円筒形
27. 直径５０ｍｍのひょうになると，時速１１５ｋｍもの速度で落下
28. １６万円する通し券と，２番，８番のチケットは夏前に完売
29. ＵＳＴＲは４月末に包括貿易法スーパー３０１条を決める
30. １９８６年１月に発射直後の爆発でチャレンジャーを失った

4. タスク１：セットＤ提示文

1. アジアは４８カ国からなる
2. ８ｍ四方のリングでたたかう
3. アンモナイトは頭足類である
4. 第１シードのレンドルに敗退
5. スコットランド北部のネス湖
6. 空と陸のダイヤが乱れる
7. ９歳でデビュー，今年２７歳
8. 石油１バレルは４２米ガロン
9. からくり時計４０点を展示
10. 独仏両国が３７０万トン
11. アセトンの沸点５６.１～５６.５℃である
12. インフレも1月から累計するとなお３０％近い
13. ２番目の訪問国ベルギーのブリュッセルに向かう
14. 全国に約１８万６０００カ所にポストがおかれる
15. リン酸はＰ２０５と水との反応で生じるもの
16. 太陽の成分は７１％が水素，２７％がヘリウム
17. やみ米1升（1.4キロ）２００円の時代
18. アルゴルは地球から約１１５光年の距離にある
19. ＵＮＩＰのカウンダ党首が大統領に就任
20. シーメンス社が開発した太陽電池は出力５０ワット
21. 冷夏時はオホーツク海高気圧が強く，北日本にやませが吹く
22. 北へ約２００キロのサンタバーバラまで地震の揺れを感じた
23. これまでのディーゼルエンジンより１４～２８％黒煙が減らせる
24. アタチュルク・ダムの最大貯水量は４９０億立方メートル
25. アーサー・フィリップ大佐率いる１０３０人の流刑囚ら移民団上陸
26. セザンヌは１８３９年，南フランスのエクサンプロバンスで生まれた
27. 白亜紀は約１億３８００万年前から約６５００万年前までをさす
28. １９２７年にフランスでラジオゾンデの実験が開始された
29. ＮＡＳＡの予算が，前年度を２４％上回る１５２億ドルになった
30. １年4カ月余ぶりに１００円を割り込んで９９円９０銭で寄り付いた

付録 B:
手書きとキーボードの評価実験の資料
(タスク 2)

1.1　タスク 2 : セット A 提示文

1. 補助金の打ち切りによってアノラックが８－３３％の値上げになる
2. 日本のＧＥＯＴＡＩＬは１９９２年に打ち上げられた
3. 東アジアだけで約１５億人
4. 太陽の表面の温度は約６０００℃で,いちばん中心は１５００万℃
5. 赤道のふくらみが２１ｋｍ
6. 新大阪発東京行きの「ひかり３００号」が約２５分遅れた
7. 持ち家の割合は７８年が６０.４％，８３年が６２.４％だった
8. 市民ら約２００人が集まり
9. 月の最高温度は１２７℃
10. 銀行はヨーロッパで生まれた
11. 丸山ワクチンとＺ１００は別物
12. 我々の銀河には約１０００個のＸ線ﾊﾟﾙｻｰが存在すると推定される
13. 夏季雷は１０００メートル
14. ワーテルローの戦いでナポレオン軍が敗北した
15. マゾビエツキ首相らが空港に出迎えた
16. フランスの面積は日本の約１.５倍である
17. ハンブルクの電線地中化は７０－９０％
18. パリの西にはブーローニュの森
19. チェコのハベル大統領は１９日にフランスを公式訪問した
20. エリツィンが１４日，成田着の日航機で初来日した
21. アポロンとヘルメスは同じ星
22. アジアの人口は世界の人口の５分の３である
23. ＧＮＰに占める割合が約２％
24. ８８年に約１７キロの３.１％濃縮ウランを作ることに成功した
25. ３ヵ月前の調査の時より１５.４ポイントも落ちた
26. １万～１万２千ｍの高空では，気温は－５５℃前後となる
27. １尺玉の花火は３３０～３５０ｍほどあがる
28. １９７１年にソ連が最初の宇宙ステーション「サリュート」をうちあげた
29. １９６３年にキング牧師が「ワシントン大行進」をおこなった
30. １０００人のうち５７４人から回答が寄せられた

1.2　タスク２：セットＡ提示文の概念

文	概念							概念数
1)	補助金	打ち切り	アノラック	8	33%	値上げ		6
2)	日本	GEOTAIL	1992年	打ち上げ				4
3)	東アジア	だけで	約	15億人				4
4)	太陽	表面	温度	約	6000℃	中心	1500万℃	7
5)	赤道	ふくらみ	21km					3
6)	新大阪発	東京行き	ひかり	300号	約	25分	遅れた	7
7)	持ち家	割合	78年	60.4%	83年	62.4%		6
8)	市民ら	約	200人	集まり				4
9)	月	最高	温度	127℃				4
10)	銀行	ヨーロッパ	生まれた					3
11)	丸山ワクチン	Z100	別物					3
12)	銀河	約	1000個	X線	ﾊﾟﾙｻｰ	存在	推定	7
13)	夏季雷	1000メートル						2
14)	ワーテルロー	戦い	ナポレオン軍	敗北				4
15)	ﾏｿﾞﾋﾞｴﾂｷ	首相ら	空港	出迎えた				4
16)	ﾌﾗﾝｽ	面積	日本	約	1.5倍			5
17)	ﾊﾝﾌﾞﾙｸ	電線	地中化	70	90%			5
18)	ﾊﾟﾘ	西	ﾌﾞｰﾛｰﾆｭ	森				4
19)	ﾁｪｺ	ﾊﾍﾞﾙ	大統領	19日	ﾌﾗﾝｽ	公式	訪問	7
20)	ｴﾘﾂｨﾝ	14日	成田着	日航機	初来日			5
21)	ｱﾎﾟﾛﾝ	ﾍﾙﾒｽ	同じ星					3
22)	ｱｼﾞｱの人口	世界の人口	5分	3				4
23)	GNP	占める	割合	約	2%			5
24)	88年	約	17ｷﾛ	3.1%	濃縮ｳﾗﾝ	作る	成功	7
25)	3ｶ月前	調査	15.4	ﾎﾟｲﾝﾄ	落ちた			5
26)	1万	1万2千m	高空	気温	−55℃	前後		6
27)	1尺玉	花火	330	350m	あがる			5
28)	1971年	ｿ連	最初	宇宙	ｽﾃｰｼｮﾝ	ｻﾘｭｰﾄ	うちあげた	7
29)	1963年	ｷﾝｸﾞ牧師	ﾜｼﾝﾄﾝ	大行進	おこなった			5
30)	1000人	574人	回答	寄せられた				4

2.1　タスク２：セットＢ提示文

1. 「印象が良い」と思っている人が５３％
2. ５５００メートル上空の気温はマイナス３５℃
3. ６００万円以上の所得層では，５倍を超すのは３７.６％
4. Ｂ１判１０００枚当たり７０キログラムの上質紙
5. Ｄ.Ｃはコロンビア特別区の省略である
6. Ｍ３Ｓ２型ロケットは全長２７.８メートル，重量６２トン
7. β石英は８７０℃以上でリンケイ石にかわる
8. アイマラ人のパンパイプ演奏
9. アルビノは白化型ともいう
10. イラン側からも約１０００人がアゼルバイジャン側に越境してくる
11. オベリスクの高さ約３０ｍ
12. カラチ市内で２５人が死亡
13. クライスラー・ビルは77階建てで，高さが３１８ｍである
14. これまでに訪れた国は１６０カ国を超え，全行程は約６００万キロ
15. 世界遺産はユネスコがきめる
16. ディスカバリーは通算１０回目の任務を終えた
17. ドイツの２番目に長いドナウ川
18. パリは左岸と右岸に分かれる
19. メソポタミア人は前約４０００年ころに最初の宇宙論考えた
20. 黄河の長さは約５５００ｋｍ
21. 犠牲者はアルメニア人の方が多いと報告した
22. 月に向けて衛星「ミューゼスＡ」を打ち上げる「Ｍ３Ｓ２」よりも強力
23. 現在の星座は８８個ある
24. 最寄りの駅までの距離が１キロ未満の住宅は３９.４％だった
25. 昨年末，２０万ズロチと５万ズロチの高額紙幣が発行された
26. 次に火星が地球に最接近するのは２２８７年
27. 初のワールドシリーズがひらかれたのは１９０３年
28. 地球は５つの部分からなる
29. 党名を変えることを支持したのは党員約９０万人（８６％）
30. 明治２４に度量衡法という法律ができた

2.2　タスク 2：セット B 提示文の概念

文	概念							概念数
1)	印象	良い	思っている人	53%				4
2)	5500ﾒｰﾄﾙ	上空	気温	ﾏｲﾅｽ	35℃			5
3)	600万円	以上	所得層	5倍	超す	37.6%		6
4)	B1判	1000枚	当たり	70ｷﾛｸﾞﾗﾑ	上質紙			5
5)	D.C	ｺﾛﾝﾋﾞｱ	特別区	省略				4
6)	M3S2	型	ﾛｹｯﾄ	全長	27.8ﾒｰﾄﾙ	重量	62ﾄﾝ	7
7)	β石英	870℃	以上	ﾘﾝｹｲ石	かわる			5
8)	ｱｲﾏﾗ人	ﾊﾟﾝﾊﾟｲﾌﾟ	演奏					3
9)	ｱﾙﾋﾞﾉ	白化型	いう					3
10)	ｲﾗﾝ側	約	約1000人	ｱｾﾞﾙﾊﾞｲｼﾞｬﾝ	越境			5
11)	ｵﾍﾞﾘｽｸ	高さ	約	30m				4
12)	ｶﾗﾁ市内	25人	死亡					3
13)	ｸﾗｲｽﾗｰ･ﾋﾞﾙ	77階	高さ	318m				4
14)	これまで	訪れた国	160ｶ国	超え	全行程	約	600万ｷﾛ	7
15)	世界遺産	ﾕﾈｽｺ	きめる					3
16)	ﾃﾞｨｽｶﾊﾞﾘｰ	通算	10回目	任務	終えた			5
17)	ﾄﾞｲﾂ	2番目	長い	ﾄﾞﾅｳ川				4
18)	ﾊﾟﾘ	左岸	右岸	分かれる				4
19)	ﾒｿﾎﾟﾀﾐｱ人	前約	4000年	最初	宇宙論	考えた		6
20)	黄河	長さ	約	5500km				4
21)	犠牲者	ｱﾙﾒﾆｱ人	多い	報告				4
22)	月に向け	衛星	ﾐｭｰｾﾞｽA	打ち上げ	M3S2	強力		6
23)	現在	星座	88個					3
24)	最寄り	駅まで	距離	1ｷﾛ未満	住宅	39.4%		6
25)	昨年末	20万ｽﾞﾛﾁ	5万ｽﾞﾛﾁ	高額	紙幣	発行		6
26)	次	火星	地球	最接近	2287年			5
27)	初	ﾜｰﾙﾄﾞｼﾘｰｽ	ひらかれた	1903年				4
28)	地球	5つ	部分	からなる				4
29)	党名	変える	支持した	党員	約	90万人	86%	7
30)	明治24	度量衡法	法律	できた				4

3.1　タスク 2 : セット C 提示文

1. １７８９年にドイツの化学者クラプロートがウランを発見した
2. １９７１年にソ連が最初の宇宙ステーションを打ち上げた
3. ５４個の鐘がついたカリヨン
4. ９３年にＥＵが設立された
5. ＡＴＭと名付けられたコンサートホールは中央の６８０席を取り囲む
6. Ｈ６０ヘリコプターは，米陸軍が開発した
7. アフリカの全人口は約８億人で,世界の約１３%にあたる
8. アマゾン川の水の量はナイル川の約４０倍である
9. オリンポス山に住む１２の神
10. ガンジーはロンドンで法律を学び，１８９１年にインドにもどった
11. スピカはおとめ座のα星で，１等級の星である
12. 世界遺産はユネスコがきめる
13. ディスカバリーはコロンビアのもっていた９回の記録を超えた
14. ニッケルは３４５℃以下の温度では磁気をおびる
15. ハナバチ類，シロアリ類がある
16. ヘンリ･ベイツが１８４８年にリバプールを発った
17. モーツァルトは３５年間に，６００以上の曲を作った
18. ラサは，ネパールの首都カトマンズから約９５０キロ
19. ローザンヌはＩＯＣの本部
20. 我が国の１人あたり国民所得は，８８年には米国の１.１５倍を上回った
21. 会談が２時間１５分に及んだ
22. 原子力の必要性が｢増す｣と答えた人は全国で６０％，原発地域で６７％
23. 原爆の温度は６００ｍはなれたところでも２０００℃があった
24. 現在の星座は８８個ある
25. 最古のピラミッドの高さ６０ｍ
26. 小売価格は６万６０００円と値が張る
27. 新テストに参加した私大は１６大学１９学部
28. 人工衛星のスピードは７.９ｋｍ／秒
29. 早大メンバー４人が講演する
30. 鉄鋼労連は昨年より３ポイント以上高い７.９１％の賃上げを要求

3.2　タスク 2：セット C 提示文の概念

文	概念						概念数
1)	1789年	ﾄﾞｲﾂ	化学者	ｸﾗﾌﾟﾛｰﾄ	ｳﾗﾝ	発見		6
2)	1971年	ｿ連	最初	宇宙	ｽﾃｰｼｮﾝ	打ち上げ		6
3)	54個	鐘	ｶﾘﾖﾝ					3
4)	93年	EU	設立					3
5)	ATM	名付け	ｺﾝｻｰﾄﾎｰﾙ	中央	680席	取り囲む		6
6)	H60	ﾍﾘｺﾌﾟﾀｰ	米陸軍	開発				4
7)	ｱﾌﾘｶ	53国						2
8)	ｱﾌﾘｶ	全人口	8億人	世界	13%	あたる		6
9)	ｱﾏｿﾞﾝ川	水	量	ﾅｲﾙ川	約	40倍		6
10)	ｵﾘﾝﾎﾟｽ山	住む	12の神					3
11)	ｶﾞﾝｼﾞｰ	ﾛﾝﾄﾞﾝ	法律	学び	1891年	ｲﾝﾄ	もどった	7
12)	13	世界遺産	ﾕﾈｽｺ	きめる				4
13)	ﾃﾞｨｽｶﾊﾞﾘｰ	ｺﾛﾝﾋﾞｱ	9回	記録	超えた			5
14)	ﾆｯｹﾙ	345℃	以下	温度	磁気	おびる		6
15)	ﾊﾅﾊﾞﾁ類	ｼﾛｱﾘ類						2
16)	ﾌｫﾎﾞｽ	直径	約	22km				4
17)	ﾍﾝﾘ･ﾍﾞｲﾂ	1848年	ﾘﾊﾞﾌﾟｰﾙ	発った				4
18)	ﾓｰﾂｧﾙﾄ	35年間	600以上	曲	作った			5
19)	ﾗｻ	ﾈﾊﾟｰﾙ	首都	ｶﾄﾏﾝｽﾞ	約	950ｷﾛ		6
20)	ﾛｰｻﾞﾝﾇ	IOC	本部					3
21)	我が国	1人あたり	国民所得	88年	米国	1.15倍	上回った	7
22)	会談	2時間15分	及んだ					3
23)	原子力	必要性が増	答えた人	全国	60%	原発地域	67%	7
24)	現在	星座	88個	はなれた	2000℃			5
25)	最古	ﾋﾟﾗﾐｯﾄﾞ	高さ	60m				4
26)	小売	価格	6万	6000円	値が張る			5
27)	新ﾃｽﾄ	参加	私大	16大学	19学部			5
28)	人工衛星	ｽﾋﾟｰﾄﾞ	7.9km/秒					3
29)	早大	ﾒﾝﾊﾞｰ	4人	講演				4
30)	鉄鋼労連	昨年	3ﾎﾟｲﾝﾄ	以上高い	7.91%	賃上げ	要求	7

4.1 タスク 2 : セット D 提示文

1. １０号の花火は１尺玉という
2. １－３月期に景気が｢よくなる｣とする見方が４０.１％
3. １年間で中学生１人あたりにつかわれている費用は８８万9千円
4. ２１.３ヘクタールの未買収地が残っている
5. ４０号の花火は直径８００m以上ひろがる
6. ５００億円が難無くフトコロにはいる
7. ５００万円以上の献金をしたのは３５２社･団体
8. ＳＰＤに１３－３４％の差をつけて第１党となった
9. アンカラ市から約２３０キロ
10. アンモナイトは約３億８千万年前にあらわれる
11. インドへの航路は１４９８年にバスコ・ダ・ガマによってひらかれた
12. エアーズロックの周囲の長さは約９ｋｍ，高さは３４８ｍ
13. オスマン帝国のほうかい
14. オリオンの左足にある星はβ星のリゲルである
15. コンピュータでπの小数点以下は１兆２４００億けたまで計算される
16. シャムのキングを演じる
17. セーヌ川はパリをよこぎる
18. トートはトキの頭を持つ姿の神
19. 日本には１０８の活火山がある
20. フランス人人質約３３０人
21. リトアニア共和国の独立
22. ロンドンの人口は７００万人で,西ヨーロッパの最大の都市である
23. ロンドンは世界の三大都市の１つである
24. 黄河の長さは約５５００ｋｍ
25. 古代オリンピックは全部で２９３回開かれた
26. 高度３０００メートルから一気に１５０メートルまで降下する
27. 実効湿度がおよそ６０％以下になると火災が発生しやすくなる
28. 成人となった若者は１８８万人で，総人口に占める割合は１.５％
29. 赤い星は約３０００℃，黄色い星は約６０００℃，青白い星は約２万℃
30. 中国からｵｽの｢ホアホア｣を６０年１０月に借りた

4.2　タスク 2：セット D 提示文の概念

文	概念							概念数
1)	10号	花火	1尺玉					3
2)	1	3月期	景気	よくなる	見方	40.1%		6
3)	1年間	中学生	1人あたり	費用	88万	9千円		6
4)	21.3	ﾍｸﾀｰﾙ	未買収地	残っている				4
5)	40号	花火	直径	800m	以上	ひろがる		6
6)	500億円	難無く	ﾌﾄｺﾛ	はいる				4
7)	500万円	以上	献金	352社	団体			5
8)	5合目	高さ	2400m					3
9)	SPD	13	34%	差をつけ	第1党			5
10)	ｱﾝｶﾗ市	約	230ｷﾛ					3
11)	ｱﾝﾓﾅｲﾄ	約	3億	8千万年前	あらわれる			5
12)	ｲﾝﾄﾞ	航路	1498年	ﾊﾞｽｺ･ﾀﾞ･ｶﾞﾏ	ひらかれた			5
13)	ｴｱｰｽﾞﾛｯｸ	周囲	長さ	約	9km	高さ	348m	7
14)	ｵｽﾏﾝ	帝国	ほうかい					3
15)	ｵﾘｵﾝ	左足	星	β星	ﾘｹﾞﾙ			5
16)	ｺﾝﾋﾟｭｰﾀｰ	π	小数点以下	1兆	2400億	けた	計算	7
17)	ｼｬﾑ	ｷﾝｸﾞ	演じる					3
18)	ｾｰﾇ川	ﾊﾟﾘ	よこぎる					3
19)	ﾄｰﾄ	ﾄｷの頭	持つ姿	神				4
20)	日本	108	活火山					3
21)	ﾌﾗﾝｽ人	人質	約	330人				4
22)	ﾘﾄｱﾆｱ	共和国	独立					3
23)	ﾛﾝﾄﾞﾝ	人口	700万人	西ﾖｰﾛｯﾊﾟ	最大	都市		6
24)	黄河	長さ	約	5500km				4
25)	古代	ｵﾘﾝﾋﾟｯｸ	全部	293回	開かれた			5
26)	高度	3000ﾒｰﾄﾙ	から	一気	150ﾒｰﾄﾙ	降下		6
27)	実効	湿度	60%	以下	火災	発生	しやすくなる	7
28)	成人となった	若者	188万人	総人口	占める	割合	1.5%	7
29)	赤い星	3000℃	黄色い星	6000℃	青白い星	約2万℃		6
30)	中国	ｵｽ	ﾎｱﾎｱ	60年	10月	借りた		6

付録 C：
手書きとキーボードの評価実験の資料
（タスク 3）

1. フォーラムセッション：セット A の問題集

1. 何十年代に第２次ベビーブーム期になりましたか？
2. 第２次ベビーブーム期の前半には，出生数は年間何百万人でしたか？
3. ２００３年には，出生数は年間何百万人ですか？
4. 一人の女性が産む子供の平均は２００３年に何％以下になりましたか？
5. データでは，子供を生みたいと答える女性は何割ですか？
6. 子育てが難しい理由として最も多かった回答は何ですか？
7. 日本では，塾や習い事を含めた教育費はいくらぐらいですか？
8. 経済的な理由による中絶は年間何万人ぐらいいますか？
9. アンケートでは，子供一人に対する育児支援として，５割の人が月に何万円が必要だと答えましたか？
10. 新エンゼルプラン（旧政策）は何年に終わりましたか？
11. 新新エンゼルプラン（新政策）は何年度から何年度までの政策ですか？
12. 新エンゼルプラン（旧政策）は主に何を中心に行う政策ですか？

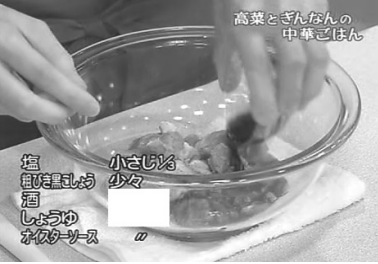
2. フォーラムセッション：セット B の問題集

1. 育児休業制度の所得の保障を国が何割ぐらい負担したら，子育てがしやすくなりますか？
2. 日本では，子供の教育費として国が負担するのは，ＧＤＰの何％ですか？
3. 企業にかせられた育児休業制度の負担は，２００２年現在では何％ですか？
4. 先進国の多くでは，子供の教育費として国が負担するのは，ＧＤＰの何％ですか？
5. フランスやデンマークででは，子供の教育費として国が負担するのは，ＧＤＰの何％ですか？
6. フランスやデンマークの出生率はいくらぐらいですか？
7. 経済的な理由で子供を生まないと答えた人は，何％いますか？
8. 日本の過去５０年の平均成長率は何％ですか？
9. 日本の過去５０年の平均成長率の内，人口増加の比は何％ですか？
10. 日本が成長したのは，人口が増えたからではなく，何をのばしたからですか？
11. ９２年に，世界では日本の生産性は何位でしたか？
12. ２００２年に，１０年間で日本の生産性は世界では何位落ちましたか？

3. 一般ニュースセッション：セット A の問題集

1. 辞任した西武グループの事務局長の名前は何ですか？
2. スーツのわきあてに，何の革を使いますか？
3. ＳＵＩＣＡと一体型のキャッシュカードの発行は早ければいつになりますか？
4. 創業１００周年の記念に高級オーダースーツを発売するのは，何のメーカーですか？
5. 年末年始に国際線を利用した人の数は何万人ぐらいですか？
6. スーツのボタンの材料は，べっ甲となんですか？
7. 年末年始に国際線を利用した人の数は一年前と比べたら，何％増えましたか？
8. 紹介されたスーツの最高価格はいくらですか？
9. 3 年前にノベル科学賞を受賞した田中さんが勤務する会社の名前は何ですか？
10. スーツのきじは，何十年前のヴィンテージものまでなら再現できますか？

4. 一般ニュースセッション：セット B の問題集

1. 紹介された小型装置は，魚のように何を使って体内に自由に動かせるよう開発されましたか？
2. アメリカでは，１２月の農業部門を除いた雇用者の数は，１１月と比べて何万人増えましたか？
3. 紹介された小型装置は，現在使われている装置（医療分野）をなくすために開発されましたか？その装置の名前を答えてください.
4. ２００４年の全体を見ると，アメリカの雇用者の数は何万人ですか？
5. トレタマで紹介された小型装置はなんですか？
6. 去年のアメリカの失業率は何％に改善されましたか？
7. 紹介された小型装置は，何の力を利用して動かしますか？
8. 一昨年のアメリカの失業率は何％ですか？
9. ニュースのなかに，紹介された型装置は医療分野ではどのように利用できますか.ひとつ答えてください.
10. 去年のアメリカの雇用者数は何年以来の伸びとなりましたか？

付録 D:
手書きとキーボードの評価実験の資料
（タスク 4）

1．3 分クッキング：セット A の問題集

問 1	今回使った高菜の葉っぱは，細めなものである． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)	
問 2	ご飯の中に，鶏ガラスープ大さじ２入れました． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)	
問 3	ご飯の上に，ぎんなん，しいたけ，高菜，にんじん，オイスターソースを入れて， 一緒に炊きます． (○，×　：　×の場合，正しい答えを答えてください)	
問 4	ご飯は何合を使いましたか？ A.１合　　B.２合　　C.３合　　D.４号	
問 5	鶏肉に，オイスターソース はどれぐらい 入れましたか？ A.小さじ１　B.小さじ２ C.大さじ１　D.大さじ２	

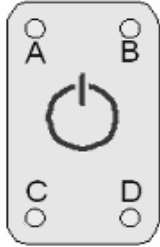
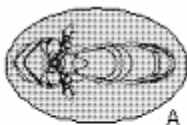
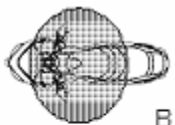
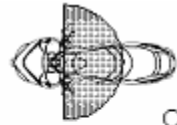
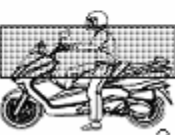
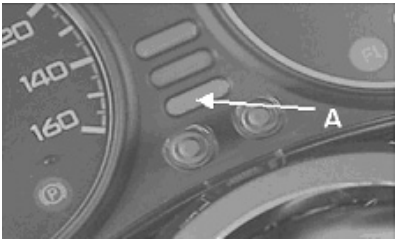
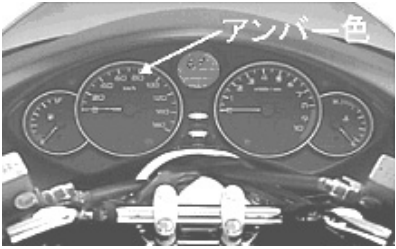
問 6	炊くときに, 火を止めてから, 何分間蒸らしますか? A.６分　B.９分　C.１２分　D.１５分	高菜とぎんなんの 中華ごはん 最後に強火→火を止めて　蒸らす
問 7	ご飯に水を何ｍｌ入れましたか?	
問 8	鶏肉の下味として，酒としょうゆの量を答えてください.	高菜とぎんなんの 中華ごはん 塩 小さじ1/3 粗びき黒こしょう 少々 酒 しょうゆ オイスターソース 〃
問 9	なべでご飯を炊いた理由を答えてください.	
問 10	ご飯を強火で炊いて，沸騰してから何分間弱火で炊きますか?	高菜とぎんなんの 中華ごはん 沸騰するまで強火 ⇩ 弱火にして　分

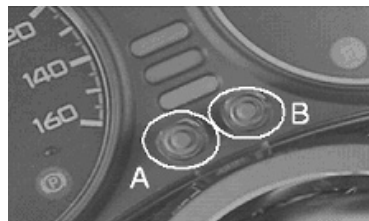
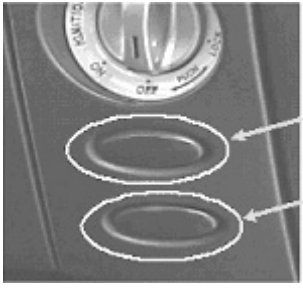
2．3分クッキング：セットBの問題集

問1	カブはみじん切りにしたたまねぎ，スライスしたにんにく，とベーコンを炒めてから，入れます． (○，× ： ×の場合，正しい答えを答えてください)	
問2	このスープは，あっさりした味である． (○，× ： ×の場合，正しい答えを答えてください)	
問3	炒めるために，まずバターをフライパンに入れます． (○，× ： ×の場合，正しい答えを答えてください)	
問4	ベーコンは何枚使いましたか？ A.２枚　B.３枚　C.４枚　D.5枚	
問5	スープに鶏ガラスープの素をどれぐらい入れましたか？ A.小さじ１弱　B.小さじ１強 C.小さじ２弱　D.小さじ２強	
問6	にんにくは何かけ，どんな状態で使いましたか？ A.１かけ　B.２かけ　C.３かけ　D.４かけ	

問 7	炒めるために，バターをどれぐらい 入れましたか？	
問 8	最後に入れた葉っぱ，なんと言う葉っぱですか？	
問 9	ピューレ状にするためには，何をすればよいですか？	
問 10	スープは何カップ入れましたか？下味として， 酒はどれぐらい入れましたか？	

3．映像の世紀（第１集 20 世紀の幕開け）：セット A の問題集

問 1	世界で初めての上映映画は，誰が撮影しましたか？ その人はどこの国の人ですか？	
問 2	この作品の名前を答えてください． この作品の長さは，何分ですか？	
問 3	この絵を描いた画家の名前とこの絵の名前 を答えください．	
問 4	１８９５年に作られた映写機のレンズは何ですか？	
問 5	１８９５年に作られた映写機の光源は何ですか？ 当時，それは一般に何に使われていましたか？	
問 6	この絵はパリ郊外のある小さな町に描かれた？ その町の名前を答えてください．	
問 7	この画家の名前を教えてください．１９００年に， 彼は何歳ですか？	
問 8	この印象派画家の名前を答えてください．	

問 9	この画家におかされていた重病の名前を 答えてください.	
問 10	この作品の名前を答えてください.	
問 11	この作品を見た観客は何を疑問に思いましたか？	
問 12	世界で初めて上映された映画の観客は，何人ですか？	
問 13	この手袋のボタンは何個ありますか？	
問 14	この服(下着)の名前を答えてください.	
問 15	パリの貴婦人のファッションについて話した写真家の名前を答えてください.	

4．映像の世紀（第1集20世紀の幕開け）：セットBの問題集

問1	パリの万国で，ある女性の踊りが人気になりました． その女性の名前と国籍を答えてください．	
問2	この作品はどこで撮影されましたか？	
問3	パリの万国会場に夏目漱石が訪れました．そのとき彼は何歳でしたか？	
問4	リュミエールの動く映像のタイトルは何ですか？	
問5	夏目漱石は留学のため，どこへ向かいましたか？	
問6	中央にいた日本人男性の名前を答えてください．	
問7	この踊りの名前を答えてください．	
問8	この作品の名前は何ですか？	
問9	紹介されたパリ博覧会は何年に開催されましたか？	

問 10	貴婦人達がお金をばら撒いた映像はどこで撮影されましたか？	
問 11	エッフェル塔にスクリーンを吊り，映画を上映すると提案したのは誰ですか？	
問 12	この作品に写されたのは何ですか？ その長さは何キロメートルですか？	
問 13	当時の動く映像を見たロシアの作家は誰ですか？ なぜ彼は動く映像の発明を称賛しませんでした？	
問 14	この作品は日本のどこで，何年に撮影されましたか？	
問 15	パリ博覧会の目玉は何ですか？	

5. 取り扱い説明書（HONDAのバイク―FORZA）：セットAの問題集

問1	ユーザが作動範囲から離れて，正常になったことを知らせるために，バイクの前方の方向指示器が3回点滅する． (○，× ：×の場合，正しい答えを答えてください)
問2	ビデオに紹介されたFORZAの種類はFORZA-XとFORZA-Zである． (○，× ：×の場合，正しい答えを答えてください)
問3	ID認証を行うために，エンジンストップスイッチをRUNの状態にしてから，メインスイッチをONに回す． (○，× ：×の場合，正しい答えを答えてください)
問4	ONにすると，全ての4連メーターの指針が一度最高メモリに触れた後，ゼロに戻る． (○，× ：×の場合，正しい答えを答えてください)
問5	SMARTカードキーのON/OFF表示灯が赤色になったときは，ID認証が作動停止の状態を表す． (○，× ：×の場合，正しい答えを答えてください)
問6	SMARTカードキーのON/OFF表示灯の位置は，A～Dの内，どれですか？
問7	ID認証作動可能な範囲を選択してください． 複数回答

問 8	A ボタンの名称を答えてください.	
問 9	FORZA-Z の４連メーターの点灯色は何色ですか？	
問 10	メインスイッチを OFF から LOCK にする方法を答えてください.	
問 11	以下の４連メーターの点灯色はどんな種類のバイクのものですか？	

5．取り扱い説明書（HONDA のバイク―FORZA）：セット B の問題集

問 1	リセットボタンは，トリップメーターとオドメーターをリセットするために使われる． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)
問 2	燃料補給のため，まずフロントシート開けて，右下側にあるフューエルリッドオープナーの下側を押せばよい． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)
問 3	ディスプレイには時計，トリップメーター，及びオドメーターの３つが表示される． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)
問 4	SMART カードキーと通信できないとき，SMART 表示灯が点灯される． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)
問 5	トリップメーターには２種類のモードがある． (○，×　：×の場合，正しい答えを答えてください)
問 6	SMART カードキーのボタン電池消耗状態を知らせるために SMART 表示灯が何回点滅されるか？ また，１－３の内，SMART 表示灯はどれですか？ A. ５回　B. ３回　C. ２回　D. ４回
問 7	A と B ボタンの名称を答えてください．
問 8	時計の時刻合わせの方法を教えてください

問 9	A と B ボタンに書いてある文字（英字）を 答えてください.	
問 10	フロントシートの開け方を教えてください. また，黄色レバーの名称を答えてください.	
問 11	モード B のトリップメーターのリセット方法を答えてください. A. モード B に切り替えて，リセットボタンを１秒間以上押す. B. モード B に切り替えて，リセットボタンを２秒間以上押す. C. モード B に切り替えて，リセットボタンを３秒間以上押す. D. リセットボタンを２回押してモード B に切り替えてから ３秒間以上リセットボタンを押す.	